从入门到精通 汽车维修

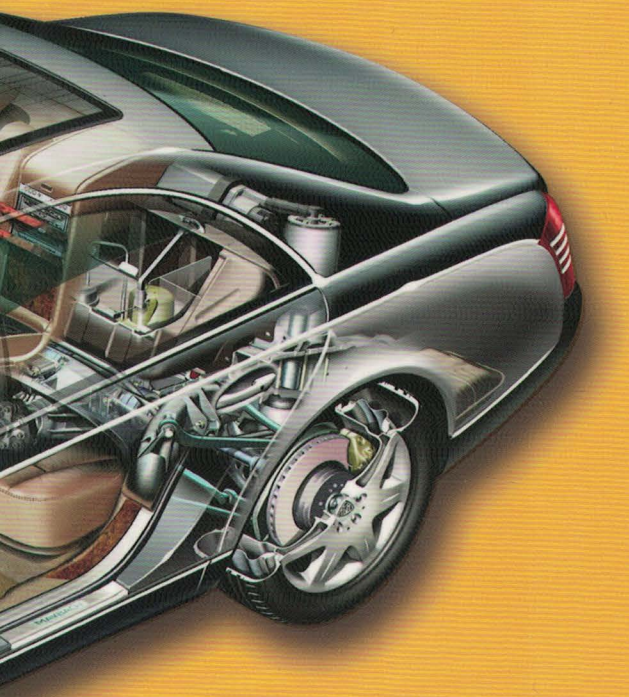
手机扫描二维码
60余个视频
免费看

凌凯汽车技术编写组 组编
于海东 主编

（彩色图解+视频）

- 构造原理动态演示
- 维修操作现场讲解

机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



汽车维修

从入门到精通

彩色图解 + 视频

凌凯汽车技术编写组　组编
于海东　主编

机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

本书围绕汽车维修从业者所关心的问题，对汽车（包括新能源汽车）的结构组成、主要部件的基本工作原理、维修工具的使用、一般养护方法、机械与电控系统的故障诊断及维修方法等知识进行了详细介绍，着重讲解了发动机、传动机构及底盘的基础知识和检修方法，简要讲解了空调系统、照明系统及起动系统的基础知识和检修方法。全书共分九章，包括汽车基础、汽车维修常用工具、发动机、传动系统、制动系统、转向系统、悬架系统、车轮与轮胎及汽车电气系统。

本书采用大量的高清透视图、分解图来展示汽车基本构造和工作原理，诊断与维修部分则采用实操照片图，并加入必要的文字说明，通俗易懂，具有较强的实际指导价值，既可作为初级汽车维修从业者的入门指导读物，也可作为大中专院校相关专业师生的参考资料。

图书在版编目（CIP）数据

汽车维修从入门到精通：彩色图解 + 视频 / 于海东主编；凌凯汽车技术编写组组编 . —北京：机械工业出版社，2018.6

ISBN 978-7-111-60269-9

Ⅰ . ①汽…　Ⅱ . ①于… ②凌…　Ⅲ . ①汽车－车辆修理－职业教育－教材　Ⅳ . ① U472.4

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2018) 第 134471 号

机械工业出版社（北京市百万庄大街 22 号　邮政编码 100037）

策划编辑：杜凡如　　责任编辑：杜凡如　孟　阳

责任校对：肖　琳　潘　蕊　封面设计：王九岭

责任印制：李　昂

北京瑞禾彩色印刷有限公司印刷

2018 年 8 月第 1 版第 1 次印刷

184mm×260mm · 15.75 印张 · 358 千字

0 001—10000 册

标准书号：ISBN 978-7-111-60269-9

定价：78.00 元

凡购本书，如有缺页、倒页、脱页，由本社发行部调换

电话服务　　网络服务

服务咨询热线：010-88361066　机 工 官 网 ：www.cmpbook.com

读者购书热线：010-68326294　机 工 官 博 ：weibo.com/cmp1952

010-88379203　金　书　网 ：www.golden-book.com

封面无防伪标均为盗版　　教育服务网：www.cmpedu.com

前言
PREFACE

2018 年第一季度，我国汽车产销量分别为 702.22 万辆和 718.27 万辆，销量同比增长 2.8%。随着私家车保有量的不断增加，汽车售后服务市场的前景越发广阔。与此同时，广大汽修行业初级从业者的专业素养和技能水平都亟待提升，他们迫切需要掌握汽车的结构特点和故障诊断方法等汽车维修专业知识。

为帮助广大初级从业者全面、系统地了解汽车维修基础知识，快速掌握维护修理、故障诊断等技能，我们特编写了此书。

本书采用高清图解形式，语言通俗易懂，围绕初级从业者所关心的问题，对汽车（包括新能源汽车）的结构组成、主要部件的基本工作原理、维修工具的使用、一般养护方法、机械与电控系统的故障诊断及维修方法等知识进行了详细介绍。着重讲解了发动机、传动机构及底盘的基础知识和检修方法，简要讲解了空调系统、照明系统及起动系统的基础知识和检修方法。全书共分九章，包括汽车基础、汽车维修常用工具、发动机、传动系统、制动系统、转向系统、悬架系统、车轮与轮胎及汽车电气系统。

本书排版精美，大量采用高清透视图、分解图来展示汽车基本构造和工作原理，诊断与维修部分则采用实操照片图，并加入必要的文字说明，较好地解决了大部分初学者看不懂机械图的难题。本书内容具有较强的实际指导价值，既可作为初级汽车维修从业者的入门指导读物，也可作为大中专院校相关专业师生的参考资料。

本书由凌凯汽车技术编写组组织编写，于海东任主编，参加编写的还有谭强、邓鑫、廖锦胜、李颖欣、邓冬梅、曾伟、李凡、邓家明、谭效才、刘青山、黄峰、杨莉、李杰、李娟、王世根、何伯平、陈海波、李德峰、杨廷银和于梦莎。

由于编者水平有限，书中难免有疏漏之处，恳请广大读者批评指正。

编　者

目录
CONTENTS

前　言

第 1 章　汽车基础 1

1.1 汽车总体构造 2

1.2 新能源汽车基础 6

1.2.1　新能源汽车“大三电” 6
1.2.2　新能源汽车其他系统构造 9

第 2 章　汽车维修常用工具 11

2.1 手动工具 12

2.2 气动工具 14

2.3 电动工具 14

2.4 测量工具 15

2.5 车辆举升设备 17

第 3 章　发动机 19

3.1 发动机基础 20

3.1.1　发动机的分类和基本组成 20
3.1.2　发动机的工作原理 25

3.2 曲柄连杆机构 26

3.2.1　曲柄连杆机构的组成 27
3.2.2　曲柄连杆机构的维修要点 30
3.2.3　曲柄连杆机构常见故障诊断与排除 36

3.3 配气机构 38

3.3.1　配气机构的类型与组成 38
3.3.2　配气机构维修要点 41
3.3.3　配气机构常见故障检修 47

3.4 进、排气系统 51

3.4.1　进气系统 51
3.4.2　进气系统维修要点 52
3.4.3　排气系统 55
3.4.4　排气系统维修要点 58
3.4.5　排气系统常见故障诊断 59
3.4.6　进气增压系统 60
3.4.7　进气增压系统维修要点 62

3.5 冷却系统 65

3.5.1　冷却系统的组成 66
3.5.2　冷却系统维修要点 68
3.5.3　冷却系统常见故障诊断与排除 71

3.6 润滑系统 73

3.6.1　润滑系统的组成 73
3.6.2　润滑系统的维修要点 76
3.6.3　润滑系统常见故障诊断与排除 83

3.7 燃油供给和喷射系统 85

3.7.1　燃油供给系统 85
3.7.2　燃油喷射系统 88
3.7.3　燃油供给系统的维修要点 92

3.8 点火系统 97

3.8.1　点火系统组成及原理 97
3.8.2　点火系统维修要点 100
3.8.3　点火系统常见故障诊断与排除 104

第 4 章　传动系统 107

4.1 传动系统基本组成、原理及布置形式 108

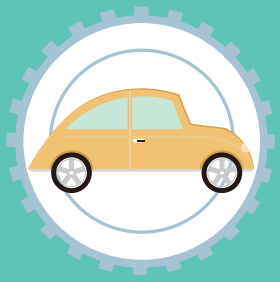
4.1.1　驱动形式 108
4.1.2　传动系统的组成 109

4.2 离合器.....112
4.2.1 离合器的基本组成.....112
4.2.2 离合器的维修要点.....113
4.3 手动变速器.....117
4.3.1 手动变速器基本组成.....117
4.3.2 手动变速器的拆装.....120
4.3.3 手动变速器检修.....125
4.3.4 手动变速器常见故障.....128
4.4 行星齿轮自动变速器.....130
4.4.1 行星齿轮自动变速器基本构造.....130
4.4.2 行星齿轮自动变速器维护.....137
4.5 双离合变速器.....138
4.5.1 双离合变速器基本构造.....138
4.5.2 双离合变速器的维修要点.....143
4.6 主减速器、差速器与传动轴....146
4.6.1 主减速器、差速器基本原理.....146
4.6.2 传动轴基本组成.....147
4.6.3 主减速器、差速器维修要点.....148
4.6.4 传动轴维修要点.....149
第 5 章　制动系统.....150
5.1 制动系统的基本组成与原理....151
5.2 盘式制动器.....153
5.2.1 盘式制动器的组成与原理.....153
5.2.2 盘式制动器的维修要点.....155
5.3 鼓式制动器.....159
5.3.1 鼓式制动器的组成和原理....160
5.3.2 鼓式制动器的维修要点.....161
5.4 制动助力系统.....163
5.5 制动控制系统.....169
5.5.1 防抱死制动系统.....169
5.5.2 其他电子制动系统.....169
第 6 章　转向系统.....172
6.1 转向系统的基本组成与原理....173
6.2 转向系统的维修要点.....178
6.2.1 转向系统检查.....178
6.2.2 转向系统拆装要点.....181
6.2.3 转向系统常见故障诊断与排除.....188
第 7 章　悬架系统.....191
7.1 悬架系统分类与组成.....192
7.2 悬架系统的维修要点.....198
7.3 悬架系统常见故障诊断与排除 201
第 8 章　车轮与轮胎.....204
8.1 车轮、轮胎结构与轮胎常规检查.....205
8.2 轮胎拆卸、修补与动平衡.....207
第 9 章　汽车电气系统.....213
9.1 汽车空调系统.....214
9.1.1 汽车空调系统基本原理.....214
9.1.2 空调系统维修要点.....216
9.2 充电、起动系统.....218
9.2.1 充电、起动系统基本原理.....218
9.2.2 充电、起动系统维修要点.....220
9.3 照明系统.....226
9.4 其他电动辅助装置.....229
9.4.1 刮水洗涤系统.....229
9.4.2 电动后视镜.....231
9.4.3 电动车窗.....232

本书视频及动画资源

序号	名称	页码	序号	名称	页码
1	奥迪 2.0T 发动机概述	20	32	制冷剂的排放（压力表）	216
2	发动机的分类	21	33	空调制冷剂的排放（加注机）	216
3	转子发动机	21	34	制冷剂的加注（压力表）	218
4	一般原理	25	35	空调制冷剂的加注（加注机）	218
5	V 形发动机	27	36	蒸发器的拆装	218
6	水平对置发动机	27	37	加热器和鼓风机控制总成的拆装	218
7	直列发动机	27	38	汽车交流发电机的检测	220
8	传动带的检查与更换	41	39	电压调节器的检测与更换	221
9	排气歧管与三元催化器的拆装	58	40	起动机拆装与检测	223
10	冷却液的检查与更换	68	41	起动机的更换	223
11	节温器的检查与更换	70	42	照明系统的组成	226
12	机油的更换	76	43	前照灯控制线路的检测	227
13	发动机喷油器的拆装	94	44	拆卸右前照灯	227
14	气缸压力的测量与分析	100	45	前照灯的拆装分解	227
15	火花塞的检查与更换	101	46	前照灯光束的检测与调整	227
16	卡罗拉发动机拆解	106	47	雾灯的拆装	228
17	科鲁兹发动机拆解	106	48	雾灯电路的检测	228
18	变速器的拆解	120	49	小灯的安装位置	228
19	变速器的安装	120	50	小灯的拆装	228
20	自动变速器的拆卸和检测	137	51	小灯电路的检测	228
21	制动盘的检查与更换	155	52	后组合灯总成的拆装	228
22	制动片的检查与更换	155	53	制动灯的拆装	228
23	驻车制动器的检查与调整	159	54	刮水器电动机总成的检测	230
24	制动总泵的拆卸与分解	167	55	刮水器开关总成的拆卸	230
25	ABS 泵的拆卸与更换	168	56	刮水器开关总成的检测	230
26	制动助力器的拆卸与更换	168	57	刮水器装置的更换	230
27	电子助力转向系统	177	58	左侧外后视镜总成的拆装	231
28	下摆臂检查与更换	198	59	左侧外后视镜开关总成的检查	231
29	前悬架减振器与减振器弹簧的检查与更换	200	60	前门的拆装	234
30	后悬架减振器的检查与更换	200	61	车窗升降器总成的拆装	234
31	转向节拆卸与更换	201			

第1章



汽车基础

Chapter 1

1.1 汽车总体构造 2

1.2 新能源汽车基础 6

1.1 汽车总体构造

汽车通常由发动机、底盘、车身、电气设备等部分组成。典型乘用车总体构造如图 1-1-1 所示。

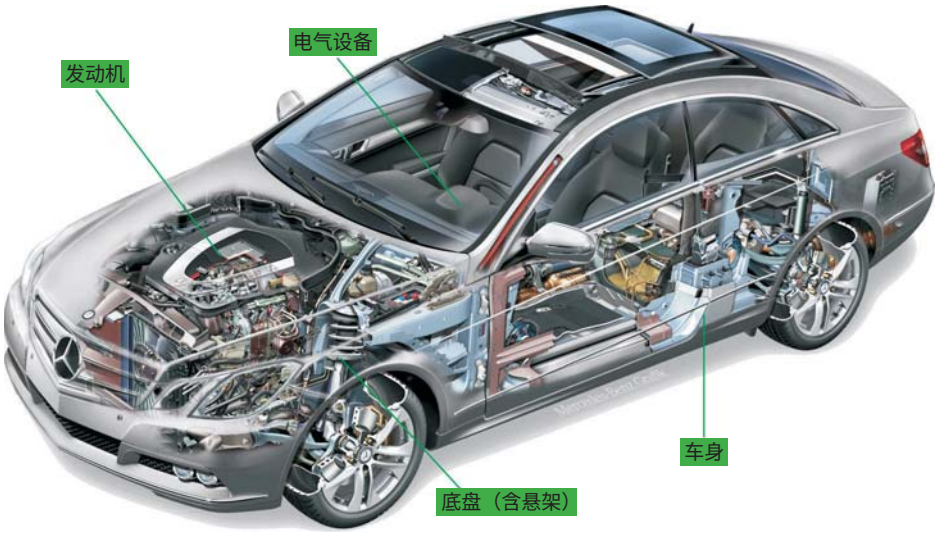


图 1-1-1　汽车总体构造图

发动机的功用是使进入气缸内的燃料燃烧从而发出动力。汽车常用的往复活塞式发动机（图 1-1-2）一般由曲柄连杆机构、配气机构、燃料供给系统、冷却系统、润滑系统、点火系统 (汽油机采用)、起动系统等组成。

汽车底盘接受发动机的动力，使汽车运动，并保证汽车按照驾驶人的操纵意图正常行驶。如图 1-1-3 所示，底盘由下列部分组成：

图 1-1-2　汽车发动机

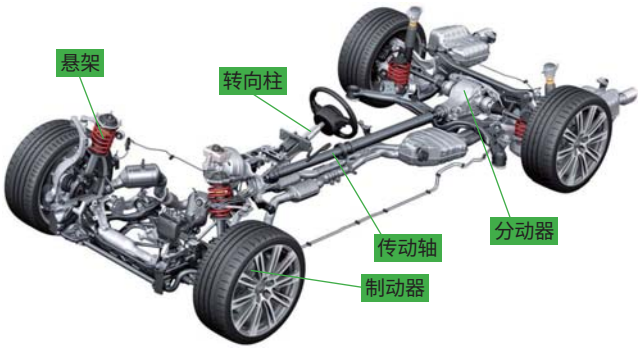


图 1-1-3　汽车底盘构成

传动系统——将发动机的动力传给驱动轮。传动系统一般由离合器、变速器、传动轴、万向节、主减速器、差速器、半轴及桥壳等组成，如图 1-1-4 所示。

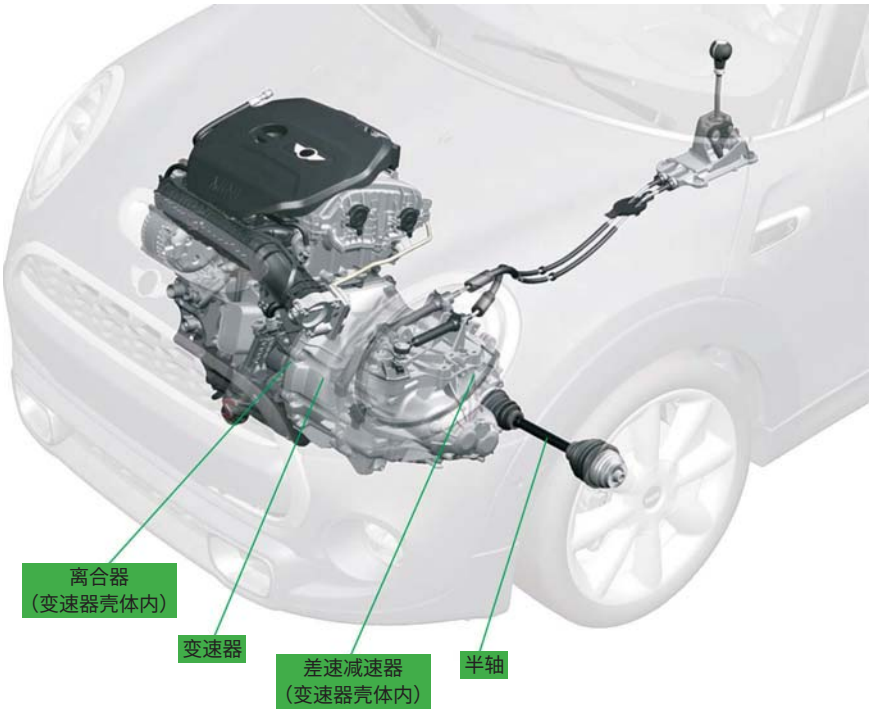


图 1-1-4　传动系统

行驶系统——使汽车各总成及部件安装在适当位置，对全车起支撑作用并对路面起附着作用，缓和道路冲击和振动。它包括支承全车的承载式车身、副车架和前、后悬架，以及前、后车轮等，如图 1-1-5 所示。

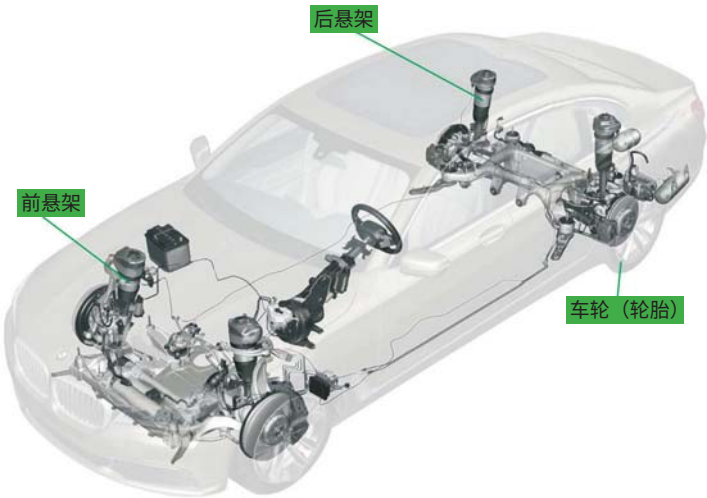


图 1-1-5　行驶系统

转向系统——使汽车按驾驶人操纵的方向行驶。它由转向操纵机构、转向器及转向传动机构组成，绝大多数汽车还有转向助力装置，如图 1-1-6 所示。

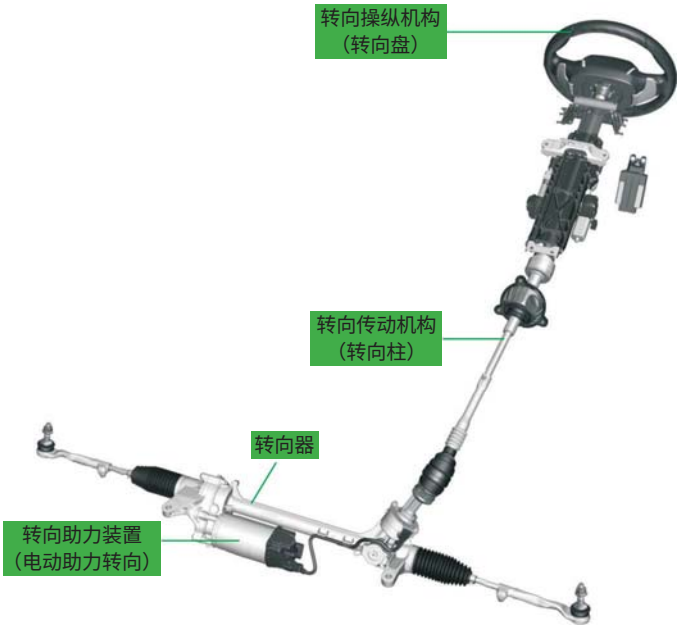


图 1-1-6　转向系统

制动系统——使汽车减速或停止，并能保证汽车可靠地驻停。它包括前、后轮制动器及制动传动装置等，如图 1-1-7 所示。

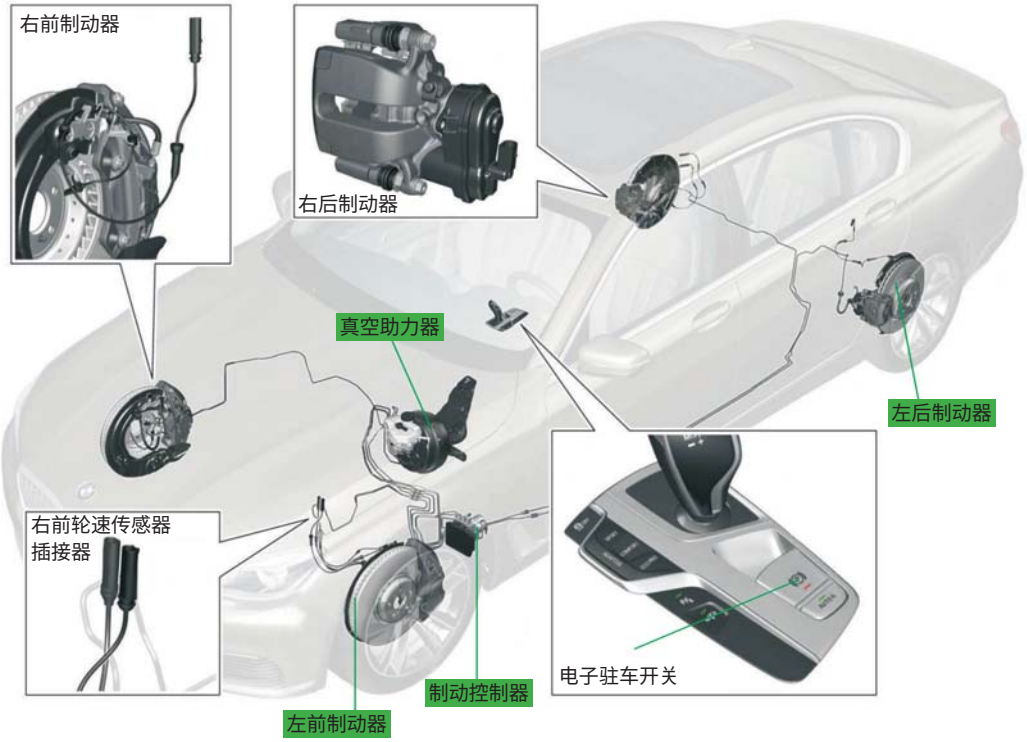


图 1-1-7　制动系统

车身是驾驶人的工作场所，也是装载乘客和货物的部件。它包括车前板制件 (俗称车头)、车身本体，还包括行李箱、货箱等，如图 1-1-8 所示。

图 1-1-8　车身

汽车电气系统主要包括以下组成部分：

照明系统——照明系统是汽车电气系统中最常见的组成部分之一，也是汽车安全行驶的必备系统之一。它主要由车外灯（前照灯、行车灯、驻车灯、制动灯、转向灯等）、车内灯（顶灯、仪表灯、门控灯及行李箱灯等）组成，如图 1-1-9 所示。

空调系统——空调系统把经过处理的空气以一定的方式送入车内，从而将车内的温度和湿度控制在一定范围内，以满足驾乘人员的舒适性需求，具备温度调节、除湿、通风、净化等功能，如图 1-1-10 所示。

图 1-1-9　照明系统

图 1-1-10　空调系统

信息娱乐系统——信息娱乐系统用于集成和运行大量功能（如导航、移动电话等）。信息娱乐系统的主要包括音响、车载电话、导航设备等，如图 1-1-11 所示。

其他设备——除上述系统外，汽车电气系统还包括防盗系统、巡航控制系统、刮水系统、中央计算机系统，以及电动车窗、电动天窗、电动门锁、后窗除雾装置等。

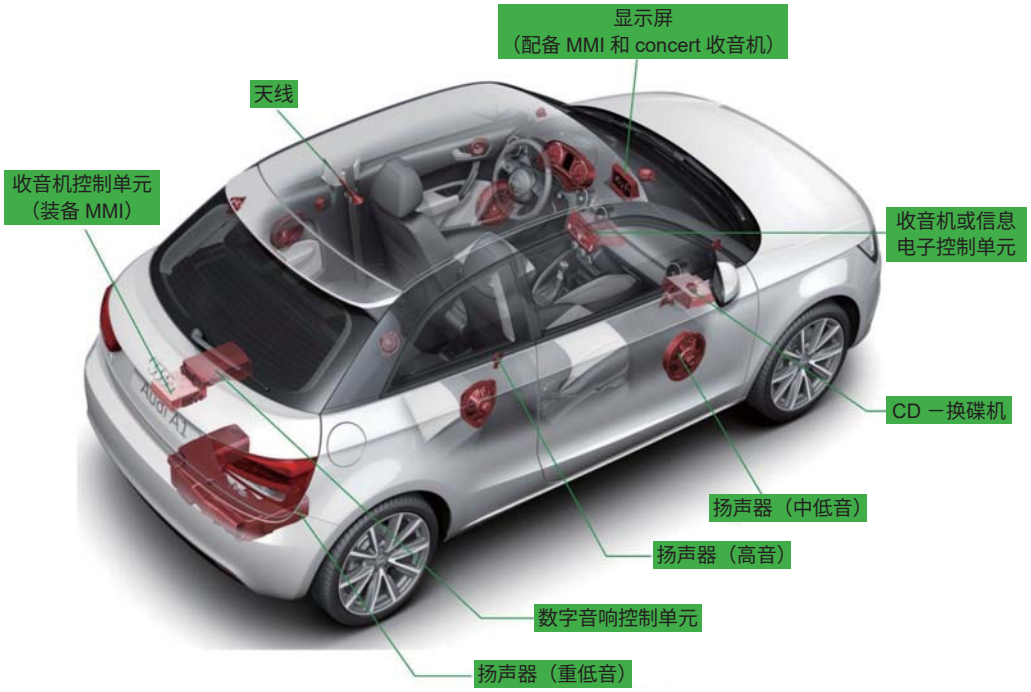


图 1-1-11　信息娱乐系统

1.2 新能源汽车基础

新能源汽车指采用新型动力系统并使用新型能源的汽车。主要类型有插电式混合动力汽车（PHEV）、纯电动汽车（EV）和燃料电池汽车（FCV）。

新能源汽车在结构上与传统汽车的最大区别在于动力系统，它增加了动力电池、电机和电控系统等组件，如图 1-2-1 所示。

1.2.1 新能源汽车“大三电”

新能源汽车“大三电”包括驱动电机、动力电池和电控系统。

1. 驱动电机

驱动电机是新能源汽车“大三电”核心之一，是车辆行驶的主要执行机构，其特性决定了车辆的主要性能指标，直接影响车辆动力性、经济性和舒适性。新能源汽车的驱动电机一般是三相交流同步电机。宝马 X1 PHEV（插电式混合动力汽车）的电机安装位置如图 1-2-2 所示。

2. 动力电池

为新能源汽车提供动力的电池称为动力电池。动力电池的作用是接收和储存由车载充电机、发电机、制动能量回收装置或外置充电装置提供的高压直流电，并为新能源汽车提供高压直流电。

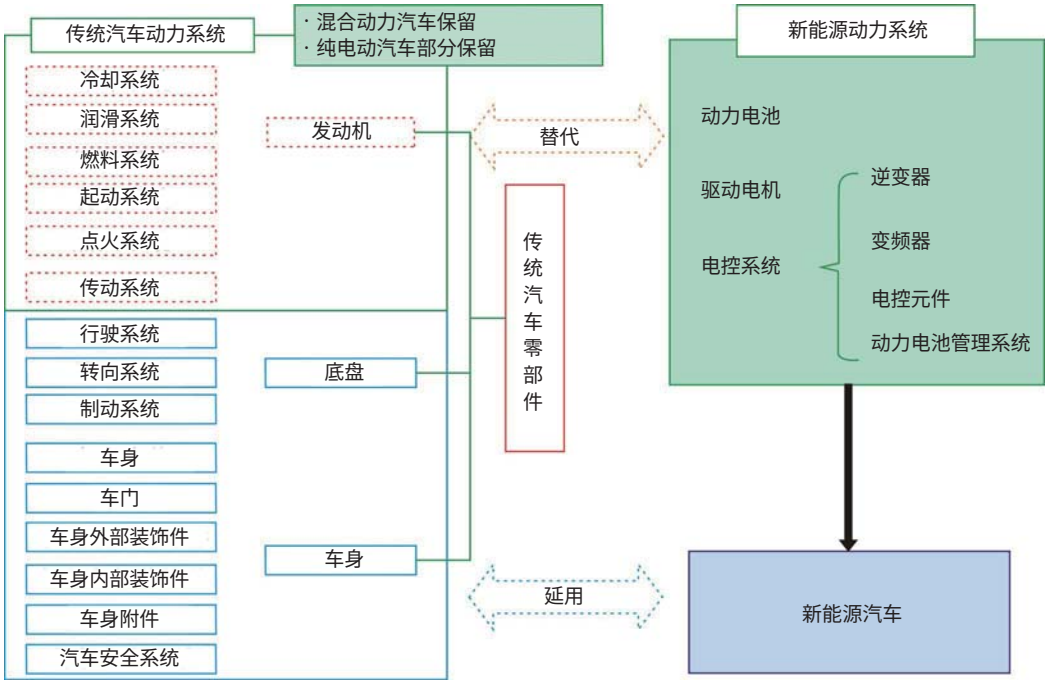


图 1-2-1　新能源汽车与传统汽车的区别

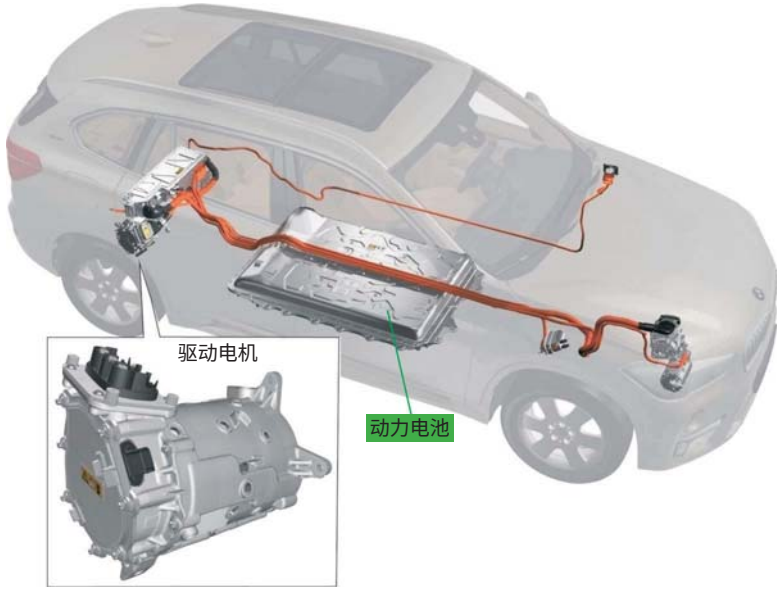


图 1-2-2　宝马 X1 PHEV 驱动电机安装位置

动力电池是新能源汽车的核心部件，也是新能源汽车上价格最高的部件之一。动力电池的性能好坏直接决定了新能源汽车的实际价值。目前，新能源汽车普遍采用锂电池。宝马 X1 PHEV 采用的锂离子动力电池，安装在车辆底部，如图 1-2-3 所示。该动力电池由 154 节电压为 3.6 V 的单体锂离子电池组成，额定电压为 277.2 V。

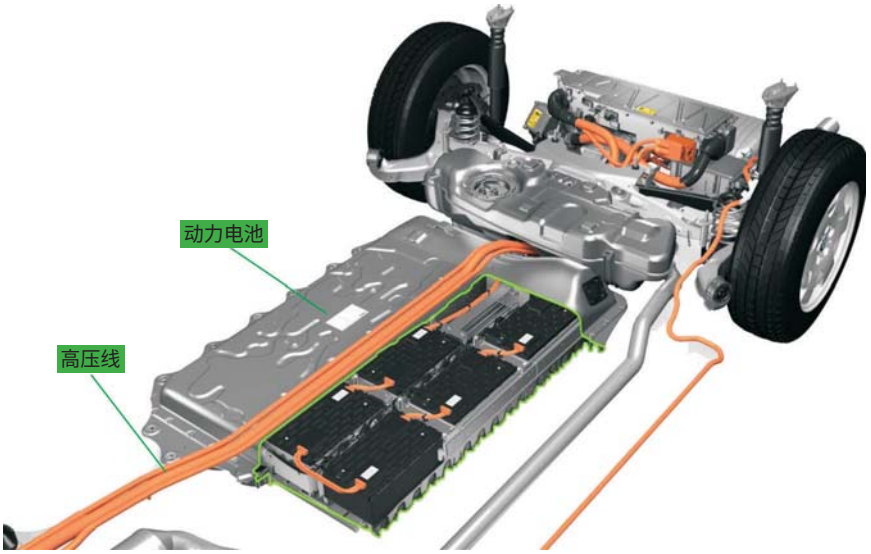


图 1-2-3　宝马 X1 PHEV 动力电池安装位置

3. 电控系统

电控系统是新能源汽车的核心系统，负责在整车行驶过程中接收来自驾驶人的各项操作指令，并诊断分析整车及部件状态，综合判断，向各部件控制器发送控制指令，使整车按照驾驶人意图安全行驶，电控系统结构如图 1-2-4 所示。

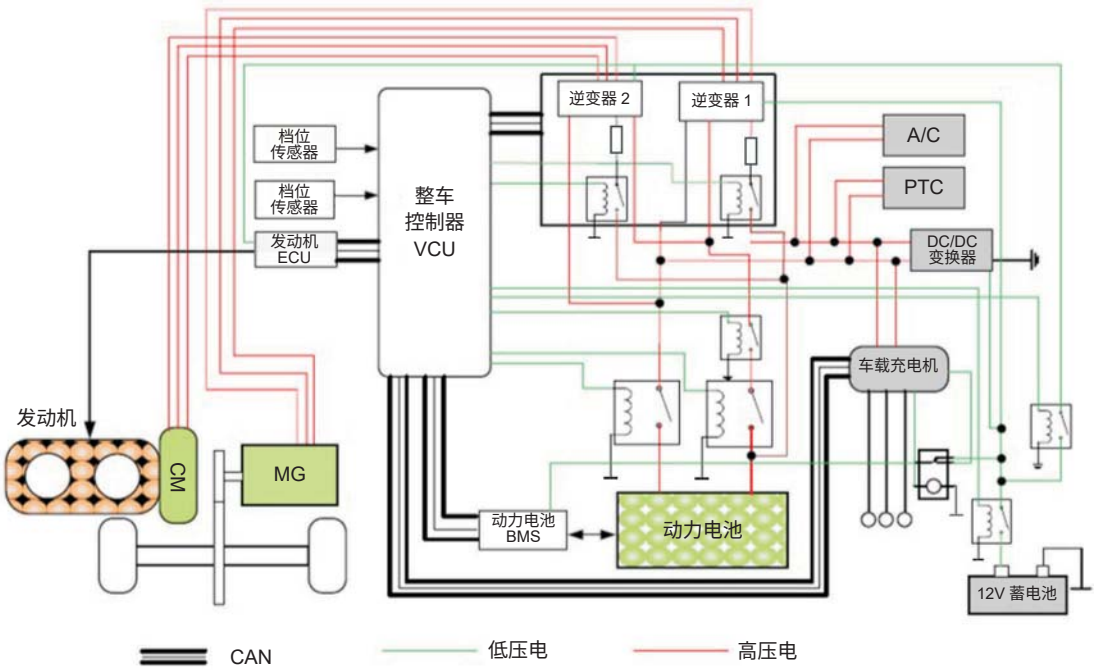


图 1-2-4　电控系统结构

电控系统的主要功能如下：

① 工况识别。

② 整车能量管理。

③ 制动能量回收控制。

④ 电机转矩控制。

⑤ 电动辅助部件控制（电动助力转向、电动空调、电动暖风、电动真空泵）。

⑥ 故障诊断。

⑦ 系统安全监控等。

1.2.2 新能源汽车其他系统构造

1. 新能源汽车变速器

新能源汽车一般采用固定传动比的单速变速器，车辆的加、减速通过调节驱动电机的转速来实现。宝马 X1 PHEV 的后桥采用单速变速器与电机配合工作，变速器通过螺栓与电机相连，并附于后桥支撑上。以 12.5:1 的固定传动比通过壳式离合器（电机离合器）将电机的转矩传递至后驱动轮。在能量回收过程中，它还会将转矩回传至电机。变速器构造如图 1-2-5 所示。

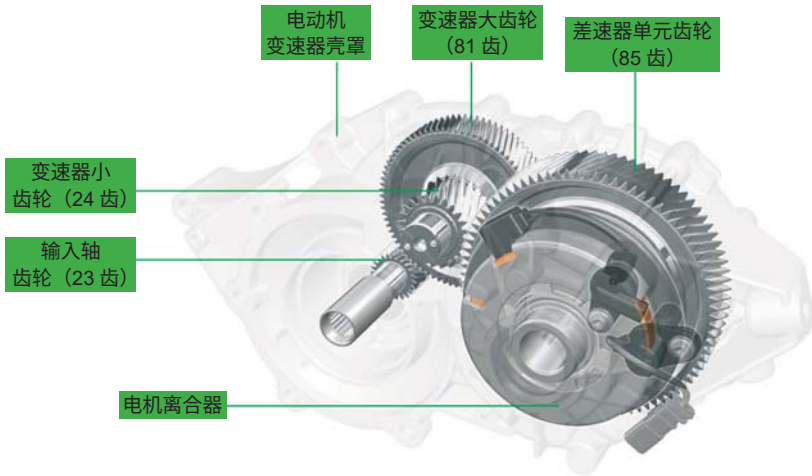
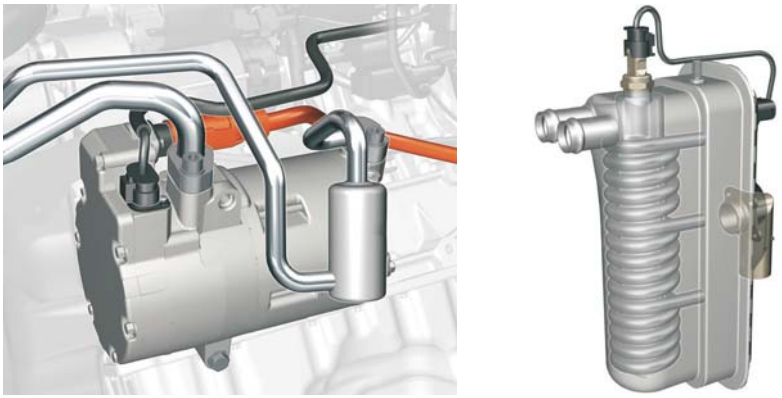


图 1-2-5　新能源汽车单速变速器

2. 电动空调系统

新能源汽车空调系统的工作原理与传统燃油汽车的空调系统相同，只是空调压缩机的驱动方式及暖风产生方式有所不同。新能源汽车采用高压电动空调压缩机，由动力电池提供驱动所需的电能。暖风通常采用电加热方式，有两种实现方式：一种是通过加热冷却液，通过循环为暖水箱提供热量，另一种是直接加热经过蒸发箱的空气输出暖风。电动空调压缩机和电加热器结构如图 1-2-6 所示。

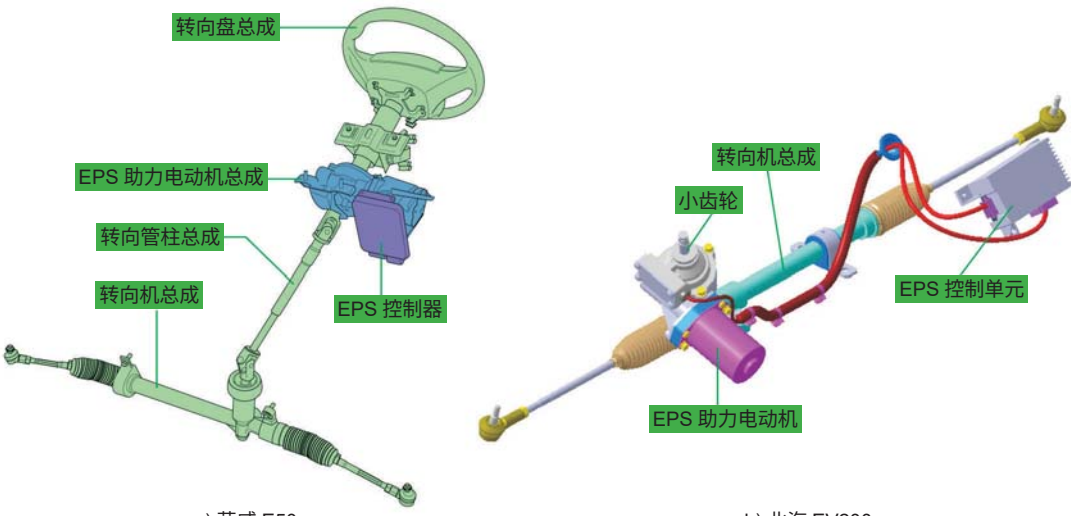


a）电动空调压缩机　　b）电加热器

图 1-2-6　电动空调压缩机和电加热器结构

3. 电动助力转向系统

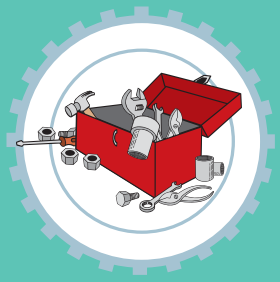
新能源汽车均采用电动助力转向系统。电动助力转向系统（Electric Power Steering, EPS）结构如图 1-2-7 所示。



a) 荣威 E50　　b) 北汽 EV200

图 1-2-7　电动助力转向系统

第2章



汽车维修常用工具

Chapter 2

2.1 手动工具 12

2.2 气动工具 14

2.3 电动工具 14

2.4 测量工具 15

2.5 车辆举升设备 17

2.1 手动工具

1. 扳手

扳手可分为扭力扳手、套筒扳手、梅花扳手、呆扳手等。

（1）扭力扳手

各汽车公司均为重要部件的螺栓连接力矩制定了标准。在车辆修理和养护过程中，这些螺栓必须使用扭力扳手紧固到标准力矩。扭力扳手如图 2-1-1 所示。

a）机械音响警告式　　b）数显式　　c）指针式（表盘式）

图 2-1-1　扭力扳手

（2）套筒扳手

为满足日常工作的需要，一般将不同尺寸、不同规格的套筒与扳手手柄组成一个完整的套装。在狭小空间操作时，要选用合适的套筒与扳手手柄匹配，以防止工具与工件发生干涉。套筒扳手外观和使用方式如图 2-1-2 所示。

a）　　b）　　c）

图 2-1-2　套筒扳手外观和使用方式

（3）梅花扳手

梅花扳手能以抱住螺栓或螺母六角面的形式转动，其柄部较长，因此能施以较大的力矩，使用便利。梅花扳手如图 2-1-3 所示。

图 2-1-3　梅花扳手

（4）呆扳手

呆扳手的用途与梅花扳手类似，其钳口结构为开放式，因此相较梅花扳手，使用更方

便，但所能承受的力矩小于梅花扳手。呆扳手如图 2-1-4 所示。

图 2-1-4　呆扳手

（5）棘轮扳手

棘轮扳手的内部有一个单向棘轮，可以单向空转。在受力方向上棘轮不能转动，可拧动螺栓，反向空转不受力，可快速回转扳手手柄。棘轮扳手可以提高工作效率，拧动螺栓或螺母时不需要重复松开套筒，可以单向转动。棘轮扳手如图 2-1-5 所示。

图 2-1-5　棘轮扳手

（6）活动扳手

活动扳手适用于拧动尺寸不统一的多个螺栓或螺母，转动活动扳手的调节螺杆可以改变其口径，因此活动扳手可用来代替多个呆扳手。使用时，通过转动活动扳手的调节螺杆来调节活动扳手的口径，直至其与螺栓或螺母完全嵌合。活动扳手不能用于施加大力矩。活动扳手如图 2-1-6 所示。

图 2-1-6　活动扳手

2. 钳类工具

钳类工具主要分为尖嘴钳、鲤鱼钳、斜口钳等，如图 2-1-7 所示。

（1）尖嘴钳

尖嘴钳主要用来剪切线径较小的单股和多股线，剥塑料绝缘层等，能在较狭小的空间内操作。

（2）鲤鱼钳

鲤鱼钳可用于夹持零部件。改变鲤鱼钳支点上孔的位置，可以调节钳口的开度，以便夹持不同尺寸的零部件。利用鲤鱼钳的颈部可剪切细导线。

（3）斜口钳

斜口钳一般用于切割细导线。由于斜口钳的钳尖部为圆形，可用于切割细线，或者用于将所需的某段电线从整根线束中切下。

a）尖嘴钳　　b）鲤鱼钳　　c）斜口钳

图 2-1-7　钳类工具

3. 螺钉旋具

螺钉旋具俗称起子，用于拆装螺钉。螺钉旋具有“一”字形和“十”字形等，使用时

应根据螺钉头部形状来选择，如图 2-1-8 所示。

螺钉旋具有多种规格，使用时需根据螺钉槽的规格来选择。使用螺钉旋具时，需使螺钉旋具与螺钉尾端呈直线，边用力压紧边转动。

图 2-1-8　螺钉旋具

2.2 气动工具

气动工具以压缩气体作为驱动源，具有稳定、安全、省力、力矩较大、使用环境广泛等优点，可拆卸多种紧固件。

气动剪和气动铲（图 2-2-1）适用于钣金维修作业，分别用于薄金属板的切断和分离金属焊接连接件。

a）气动剪　　b）气动铲

图 2-2-1　气动剪和气动铲

气动扳手和气动棘轮（图 2-2-2）都是拆装类工具，两者功能相同，气动棘轮可施加的力矩相较气动扳手小，但其体积小、重量轻、使用方便，因此在日常工作中应用更广泛。

a）气动扳手　　b）气动棘轮

图 2-2-2　气动扳手和气动棘轮

车用气动工具还有气动砂轮和气动剖光机，分别用于钣金和喷漆作业。

2.3 电动工具

汽车维修中常用的电动工具是电动扳手，它分为外接电源式和自带电源式两种，如图 2-3-1 所示。

a）外接电源式　　b）自带电源式

图 2-3-1　电动扳手

外接电源式电动扳手，需要外接 220V 电源，可拆卸大力矩紧固件。使用电动扳手能提高工作效率，降低劳动强度。

自带电源式电动扳手本身带有可充电电池，适于拆卸中小力矩紧固件。自带电源式电动扳手携带更方便，使用更灵活。

2.4 测量工具

测量工具是汽车检测维修过程中必不可少的工具。常见的测量工具有游标卡尺、直尺、卷尺、冰点测试仪等。

1. 游标卡尺

游标卡尺通常用来测量精度较高的工件。它可以测量零件的内外直径、长度、宽度和深度等尺寸。游标卡尺由内径测量爪、紧固螺钉、深度尺、外径测量爪、游标尺和主尺 6 个部分组成，如图 2-4-1 所示。

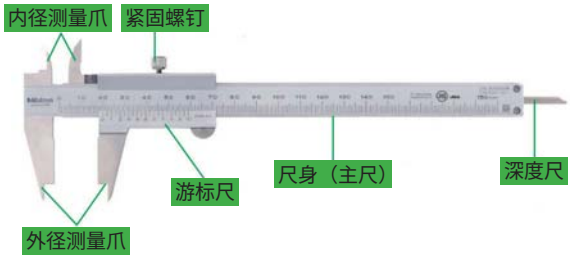


图 2-4-1　游标卡尺结构

（1）游标卡尺的原理

常见的游标卡尺有三种，即 10 分度游标卡尺、20 分度游标卡尺和 50 分度游标卡尺。下面以 20 分度游标卡尺为例，介绍其读数原理。

如图 2-4-2 所示，主尺的每一个刻度为 1mm。游标尺总长 19mm，共有 20 个格，等分 19mm，称为 20 分度。游标尺每一刻度都比主尺每一刻度短 0.05mm，则该卡尺的精

度为 0.05mm。

游标尺的“ 0 ”刻度与主尺“ 0 ”刻度对齐，此时测量的结果为 0。如果游标尺向右移动至“ 0 ”刻度后第一个刻度与主尺“ 0 ”刻度后第一个刻度对齐，则此时测量的结果为 1 个 0.05mm，即 0.05mm。

同理，如果游标尺向右移动至“ 0 ”刻度后第二个刻度与主尺“ 0 ”刻度后第二个刻度对齐，则此时测量的结果为 2 个 0.05mm，即 0.1mm。

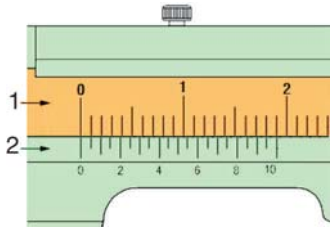


图 2-4-2　游标卡尺的原理

1—主尺　2—游标尺

注意：

10 分度游标卡尺的精度为 0.1mm。

50 分度游标卡尺的精度为 0.02mm。

（2）游标卡尺的读数方法

根据读数原理，下面举例说明读数方法，如图 2-4-3 所示。

第 1 步：读取主尺上位于游标尺“ 0 ”刻度前面的整刻度数，图 2-4-3 中为 45 mm。

第 2 步：读取游标尺上与主尺刻度重合的或最近的 0.05 mm 刻度数。图 2-4-3 中为游标尺第 5 个刻度与主尺刻度重合。

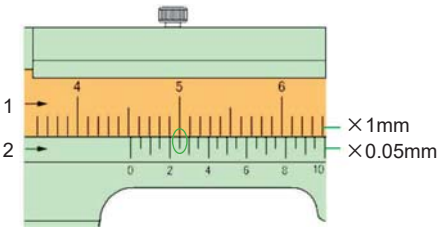


图 2-4-3　游标卡尺的读法

1—主尺　2—游标尺

第 3 步：计算读数结果

主尺读数 + 游标尺重合刻度数 × 精度 = 结果，即 45mm+5×0.05mm = 45.25mm

2. 冰点测试仪

冰点测试仪实际上是一个标准密度计（图 2-4-4）。以蓄电池电解液为例，冰点测试仪可测量电解液中水和硫酸的比例，通过测试结果可以分析蓄电池的状况。

冰点测试仪能够检测的项目有蓄电池电解液密度、冷却液的冰点、风窗玻璃洗涤液的冰点等。

冰点测试仪的使用方法：

1）测量冷却液冰点时，取少量冷却液涂于冰点测试仪观测口上，如图 2-4-5a 所示。

2）直接观测冰点测试仪，观测口处会显示冷却液的冰点，如图 2-4-5b 所示。

图 2-4-4　冰点测试仪

3）观测口中有明显的蓝白分界线，上部为蓝色，下部为白色，分界线对应的刻度即为测量的结果。图 2-4-5c 所示的冷却液冰点为 –14℃。

a)　　b)　　c)

图 2-4-5　冰点测试仪的使用方法

2.5 车辆举升设备

举升设备是汽车修理及养护过程中经常使用的设备之一，用于举升车辆，以便排放机油、检修底盘等。

1. 两柱举升机

两柱举升机多用于大修、小修、保养时举升车辆，其主要特点为结构简单、使用可靠，举升能力为 2.5~3.5t，举升高度在 1700~1800mm 之间，如图 2-5-1 所示。

2. 四柱举升机

四柱举升机多用于车辆四轮定位和车辆底部检修等，其主要特点是能够保证举升车辆的水平度，能够实现二次举升，举升能力为 2.5~4.5t，举升高度在 1700~1800 mm 之间，如图 2-5-2 所示。

图 2-5-1　两柱举升机

图 2-5-2　四柱举升机

3. 剪式举升机

剪式举升机多用于车辆快修保养作业，其主要特点是地嵌式设计（适用于底盘离地间隙较低的车辆），使用方便可靠，举升能力为 2.5~3.5t，举升高度在 1700~1800 mm 之间，如图 2-5-3 所示。

4. 移动举升设备

移动举升设备多用于车辆单个车轮或局部的举升，其主要特点是体积小、重量轻、可移动，如图 2-5-4 所示。

图 2-5-3　剪式举升机

图 2-5-4　移动举升设备

第3章 发动机

Chapter 3

3.1 发动机基础 20
3.2 曲柄连杆机构 26
3.3 配气机构 38
3.4 进、排气系统 51
3.5 冷却系统 65
3.6 润滑系统 73
3.7 燃油供给和喷射系统 85
3.8 点火系统 97

3.1 发动机基础

3.1.1 发动机的分类和基本组成

目前，汽车发动机主要采用内燃机，因为内燃机具有热效率高、体积小、质量小、起动性能好等优点。发动机外观如图 3-1-1 所示。

奥迪 2.0T
发动机概述

图 3-1-1　奥迪五缸发动机

1. 发动机分类

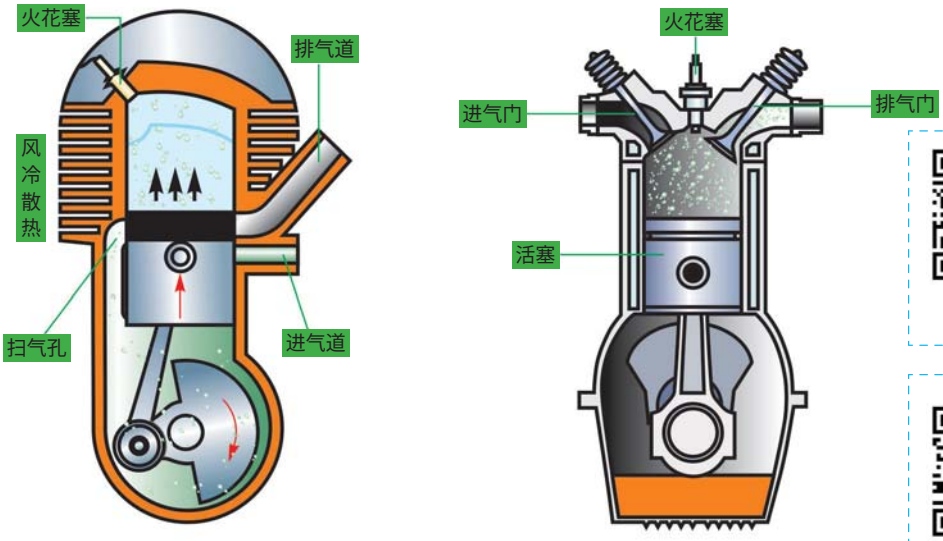
车用内燃机大体分为活塞式内燃机和燃气轮机两大类，活塞式内燃机按活塞运动方式分为往复活塞式和旋转活塞式两种。汽车上应用最广泛的是往复活塞式内燃机。

往复活塞式内燃机根据工作行程的不同，可分为二冲程和四冲程两类，如图 3-1-2 所示。汽车普遍采用四冲程往复活塞式内燃机（以下简称四冲程发动机）。

四冲程发动机根据燃料不同，可分为汽油发动机、柴油发动机以及生物燃料发动机等。目前在车用发动机中，最常见的是汽油发动机和柴油发动机。

2. 发动机的组成

汽油发动机种类及型号众多，但其基本结构大体相同，一般由两大机构和五大系统组成，即曲柄连杆机构、配气机构，进、排气系统、燃油供给系统、冷却系统、润滑系统和点火系统。



a）二冲程　　b）四冲程

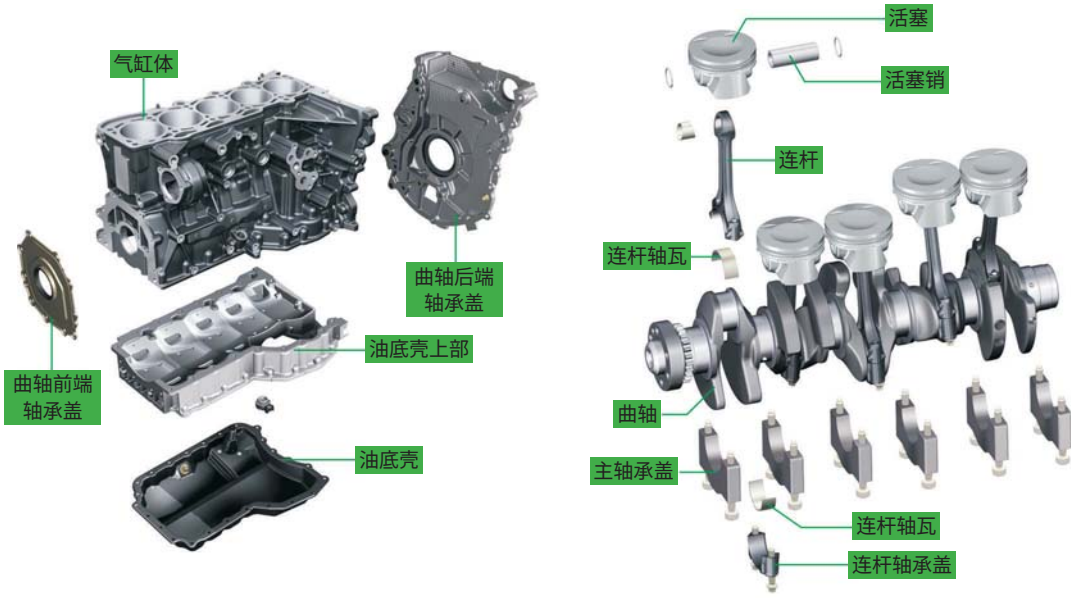
发动机的分类

转子发动机

图 3-1-2　二冲程和四冲程往复活塞式内燃机

（1）曲柄连杆机构

曲柄连杆机构是发动机实现工作循环，完成能量转换的主要运动零件。它由机体组、活塞连杆组和曲轴飞轮组组成，如图 3-1-3 所示。在做功行程中，活塞承受燃气压力在气缸内做往复直线运动，通过连杆及曲柄转化成曲轴的旋转运动，并通过曲轴对外输出动力。而在进气、压缩和排气行程中，飞轮释放能量又把曲轴的旋转运动转化成活塞的往复直线运动。



a）机体组　　b）曲轴飞轮组

图 3-1-3　曲柄连杆机构

(2) 配气机构

配气机构的作用是根据发动机的工作顺序和过程定时开启或关闭进气门和排气门，使可燃混合气进入气缸，并使废气从气缸内排出，实现换气过程。这种按照发动机工作循环配置进、排气门开闭时刻的过程称为配气正时。目前，大多数发动机采用顶置式气门配气机构，主要包括气门组和气门传动组两部分，如图 3-1-4 所示。

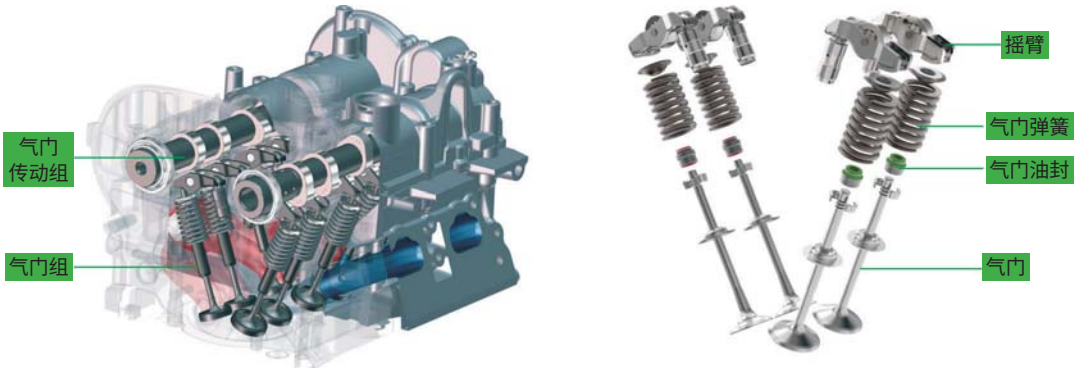


图 3-1-4 配气机构

(3) 进、排气系统

发动机工作需要可燃混合气，可燃混合气是空气和燃油按照一定比例混合形成的能够燃烧的混合气。可燃混合气中的空气由进气系统提供。

普通发动机的进气系统一般由进气软管、空气流量计、空气滤清器、节气门体和进气歧管等组成，如图 3-1-5 所示。空气从进气口被吸入空气滤清器进行过滤，然后洁净的空气通过进气软管、节气门体和进气歧管进入气缸。为提高发动机的性能并降低排放污染，有些发动机在进气系统中采用了一些先进的进气控制技术，例如机械增压、涡轮增压、可变进气歧管等。

发动机排气系统的作用是将可燃混合气燃烧后产生的废气排出气缸，同时还具有净化和过滤废气的作用。其组成主要包括排气歧管、氧传感器、三元催化转化器、排气管及排气消声器等，如图 3-1-5 所示。

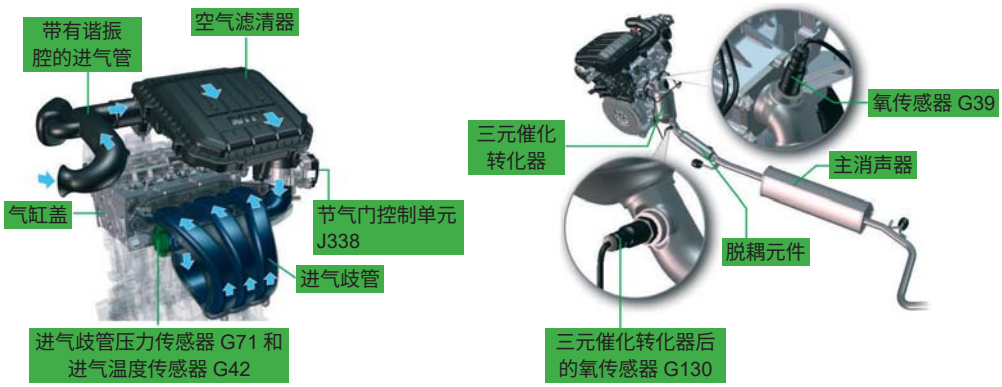


图 3-1-5 进、排气系统

(4) 燃油供给系统

燃油供给系统的作用是向发动机燃油喷射系统提供具有一定压力的燃油。目前，汽油发动机普遍采用电子燃油喷射技术，其燃油供给系统一般由燃油箱、燃油泵、燃油滤清器、燃油导轨、燃油压力调节器、喷油器及进油管和回油管等组成，如图 3-1-6 所示。

图 3-1-6　燃油供给系统

(5) 冷却系统

发动机工作过程中产生的热量会使机体温度越来越高，如果不及时散热，则可能导致发动机无法正常工作。冷却系统主要利用液体循环将发动机的热量散发掉，确保发动机的工作温度正常。

冷却系统主要由发动机气缸体水套、气缸盖水套、水泵、节温器、散热器、冷却风扇、膨胀水箱及水管等组成，如图 3-1-7 所示。

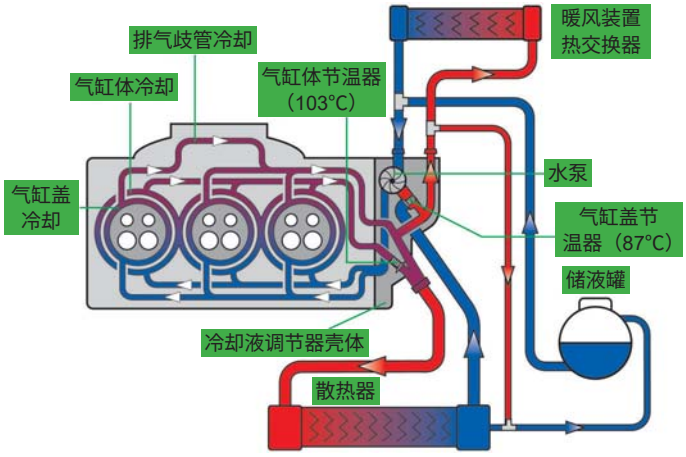


图 3-1-7　冷却系统

(6) 润滑系统

发动机曲柄连杆机构及配气机构的摩擦部件由于运行速度较快，需要良好的润滑，否则将导致发动机相关部件磨损过快，直至损坏。发动机润滑系统中有许多油道通向这些摩

擦部件，并依靠机油泵向这些油道输送机油。

发动机润滑系统主要由机油泵、集滤器、油底壳、机油道、机油滤清器等组成，如图 3-1-8 所示。润滑系统的主要作用除对摩擦部件进行润滑外，还具有冷却、清洗、密封和防锈等功能。

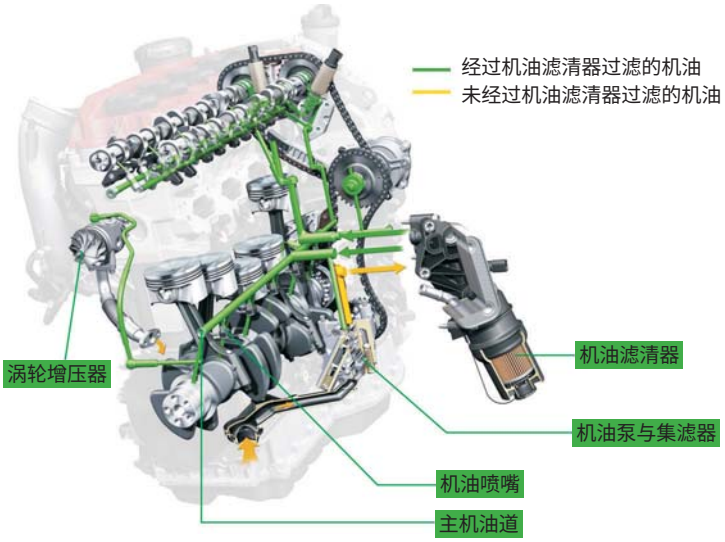


图 3-1-8　润滑系统

（7）点火系统

在汽油发动机中，气缸内的可燃混合气是由电火花点燃的，因此汽油发动机的气缸盖上装有火花塞，火花塞头部伸入燃烧室内，火花塞电极间能够按时产生电火花。

电子控制点火系统一般由低压电源、发动机控制模块（或点火控制模块）、点火线圈、火花塞、高压线及曲轴传感器等部件组成，如图 3-1-9 所示。

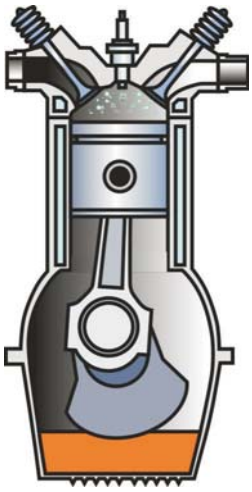
图 3-1-9　点火系统

3.1.2 发动机的工作原理

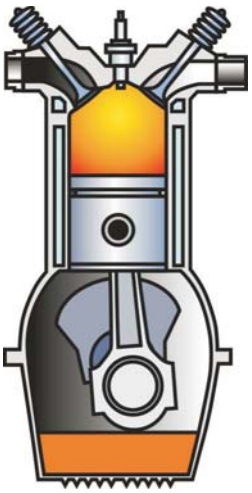
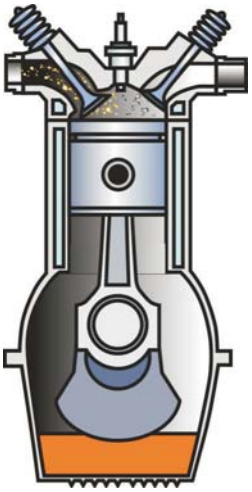
四冲程汽油发动机的工作过程依次为进气行程、压缩行程、做功行程和排气行程，见表 3-1-1。

一般原理

表 3-1-1　四冲程汽油发动机的工作过程

冲程	图示	原理
进气行程		发动机工作的第一步是进气行程，即向气缸内提供足够的可燃混合气（或新鲜空气）。进气行程开始时，曲轴旋转带动活塞从上止点向下止点运动，此时排气门关闭，进气门打开。随着活塞下移，气缸容积增大，压力减小，气缸内产生真空吸力，可燃混合气（或新鲜空气）通过进气门进入气缸，直至活塞运动到下止点。在进气终了时，气缸内的气体压力为 75~90 kPa
压缩行程		压缩行程开始时，活塞从下止点开始向上止点运动，进气门关闭，排气门依然处于关闭状态，因此气缸内空间被封闭。在活塞上行过程中，可燃混合气受到压缩，压力和温度不断升高，直至活塞到达上止点。压缩终了时，气缸内可燃混合气的压力可达 800~1500 kPa，温度可超过 327℃

（续）

冲程	图示	原理
做功行程		在压缩行程接近终了时，即活塞即将到达上止点时，进气门和排气门仍然保持关闭，火花塞产生电火花，点燃气缸内的可燃混合气，可燃混合气燃烧后的热量使气缸内的气体温度和压力急剧升高，高温、高压气体推动活塞从上止点向下止点运动，再通过连杆驱动曲轴旋转做功，并对外输出动力。活塞到达下止点时，做功行程结束
排气行程		做功行程结束后，当活塞下行到下止点时，排气门开启，进气门依然关闭。在飞轮的作用下，曲轴继续旋转，活塞在曲轴的带动下由下止点向上止点运行，废气在气缸内部压力和活塞的作用下从排气门被强制排出气缸。活塞运行到上止点时，排气门关闭，排气行程结束。 排气行程结束后，进气门再次开启，发动机开始进入下一个工作循环。如此周而复始，发动机便自行运转起来了

3.2 曲柄连杆机构

曲柄连杆机构是发动机实现工作循环，完成能量转换的主要运动零件。它由机体组、活塞连杆组和曲轴飞轮组组成。在做功行程中，活塞承受燃气压力，在气缸内做往复直线运动，通过连杆及曲柄转换成曲轴的旋转运动，并通过曲轴对外输出动力。而在进气压缩和排气行程中，飞轮释放能量又把曲轴的旋转运动转化成活塞的往复直线运动。

3.2.1 曲柄连杆机构的组成

1. 机体组

机体组主要由气缸体、气缸盖、曲轴箱、油底壳和气缸垫组成，如图 3-2-1 所示。机体组是发动机各机构、各系统装配的基体，其本身的许多部分又是曲柄连杆机构、配气机构、燃料供给系统、冷却系统和润滑系统的组成部分。

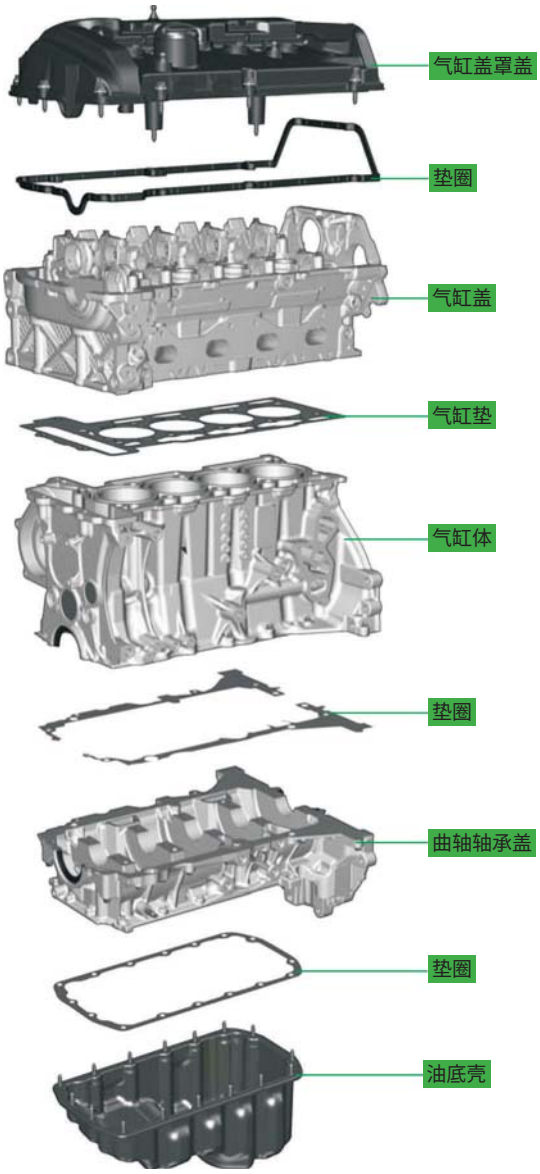


图 3-2-1　机体组

V 形发动机

水平对置
发动机

直列发动机

气缸体是发动机的主体，是安装活塞、曲轴及其他零件和附件的支承“骨架”，其内部引导活塞做往复直线运动的圆柱形空腔称为气缸。

气缸盖的主要功用是封闭气缸体上部，并与活塞顶和气缸壁一起构成燃烧室。它是发动机中除气缸体外最复杂的零件。

气缸垫位于气缸盖与气缸体之间，用来填补气缸体和气缸盖之间的微观孔隙，保证两者结合面处有良好的密封性，进而保证燃烧室的密封，防止气缸盖漏气和漏液。

发动机气缸垫有金属石棉衬垫、金属复合材料衬垫和全金属衬垫等多种类型。气缸垫上面一般标有朝向标记，安装气缸垫时要保证有标记的一面朝上。

油底壳的主要功用是储存机油并封闭曲轴箱，一般采用薄钢板、铝合金、塑料等材料加工而成。

2. 活塞连杆组

活塞连杆组包括活塞组和连杆组两部分。在发动机做功行程中，活塞组把气缸内高压气体产生的作用力通过连杆组传递给曲轴，将活塞的往复直线运动转化为曲轴的旋转运动。活塞连杆组的结构如图 3-2-2 所示。

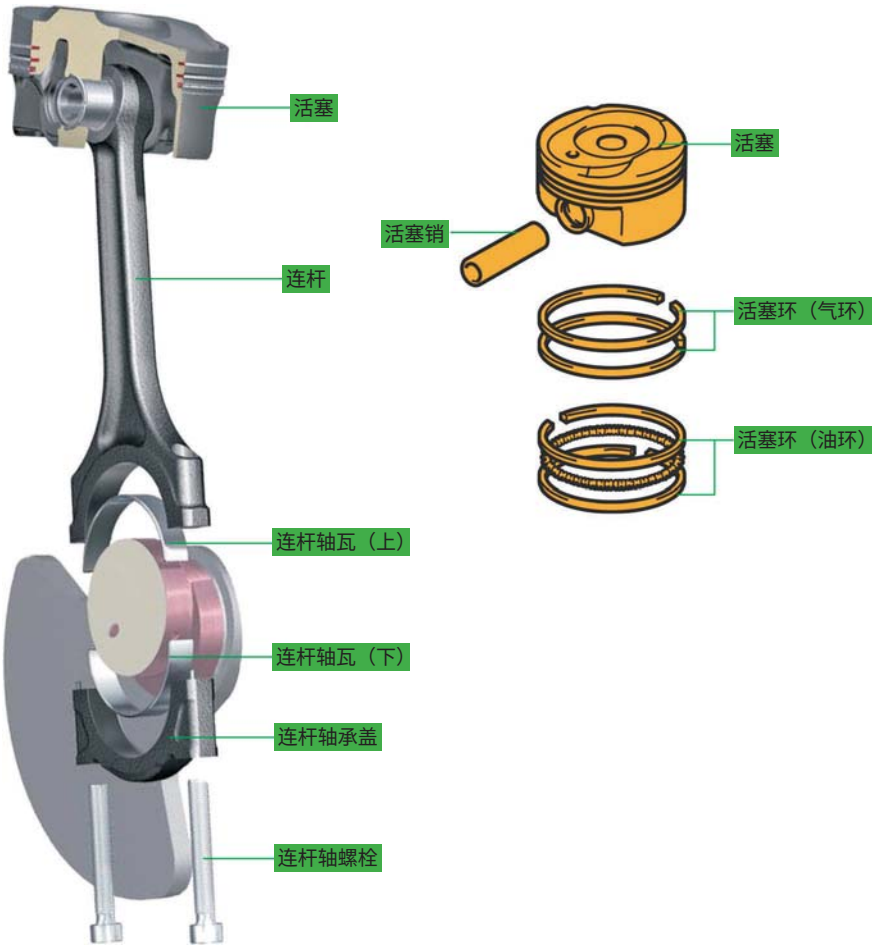


图 3-2-2　活塞连杆组

活塞的主要功用是在做功行程中承受气体作用力，并将此力通过活塞销传给连杆，再由连杆传给曲轴，以带动曲轴旋转。活塞顶与气缸盖、气缸壁共同组成燃烧室。

活塞环有气环和油环两类。

气环也称压缩环，它的功用是与活塞一起密封气缸，防止燃气下窜入曲轴箱，并将活塞头部的热量通过气缸壁传给冷却液或空气，同时辅助油环刮掉气缸壁上多余的机油。

油环的主要功用是刮掉气缸壁上多余的机油，使气缸壁上的机油均匀分布，并辅助气环密封。

活塞销的功用是连接活塞和连杆小头，并将活塞承受的气体作用力传给连杆。

连杆组连接着活塞组与曲轴飞轮组，其作用是将活塞承受的力传给曲轴，将活塞的往复直线运动转化为曲轴的旋转运动。

3. 曲轴飞轮组

曲轴飞轮组主要由曲轴、飞轮，以及其他不同功用的零件和附件组成，如图 3-2-3 所示。其零件和附件的种类和数量取决于发动机的结构和性能要求。

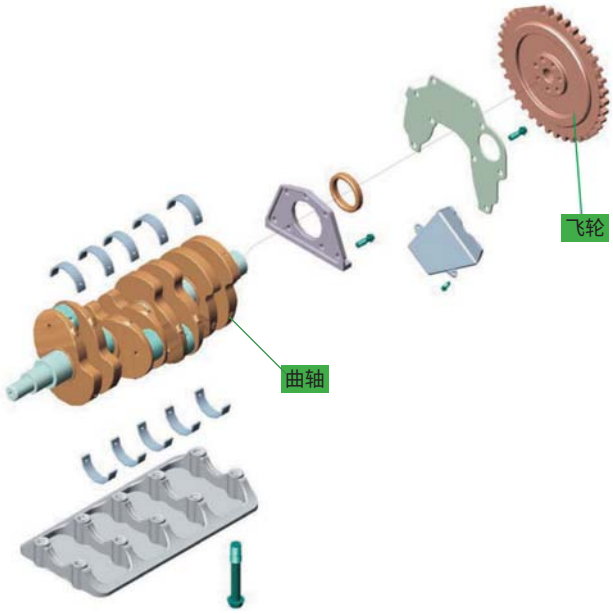


图 3-2-3　曲轴飞轮组

曲轴的作用是把活塞的往复运动转化为自身的旋转运动，并对外输出动力，用以驱动汽车的传动系统、发动机配气机构及其他附属装置。曲轴是发动机曲柄连杆机构的重要组成部分，也是发动机内部主要的旋转部件。

飞轮是转动惯量很大的盘形零件，其主要功用包括：存储做功行程的能量，保证发动机运转平稳；通过飞轮上的上止点记号校准发动机的点火时刻或喷油时刻，以及调整气门间隙；起动机通过飞轮上压装的齿圈起动发动机；将发动机产生的动力传递给传动机构等。

3.2.2 曲柄连杆机构的维修要点

1. 曲柄连杆机构拆装要点

（1）气缸盖和气缸垫拆装要点

拆卸气缸盖螺栓时，应按照图 3-2-4 所示的由两边向中间以对角顺序拧松。

用橡胶锤轻敲气缸盖边缘，以便拆下气缸盖。将气缸盖放在干净的工作台面上。从气缸体上拆下气缸垫，安装时应更换新的气缸垫，如图 3-2-5 所示。

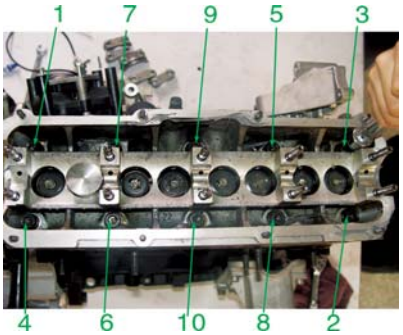


图 3-2-4　气缸盖螺栓的拆卸顺序

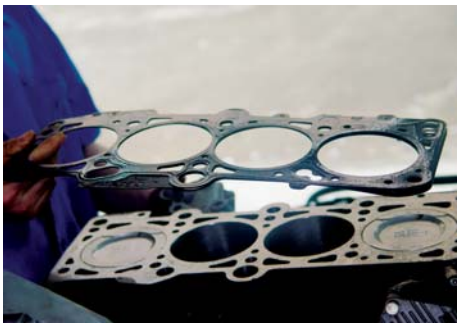


图 3-2-5　气缸垫的更换

安装时，先将气缸垫安装到气缸体上（带标识一面朝上），再将气缸盖对准气缸体定位销，然后平放。使用新的气缸盖螺栓预拧紧，再使用扭力扳手按照图 3-2-6 所示的顺序将气缸盖螺栓拧紧到规定力矩，规定力矩可查阅相关车型维修手册。

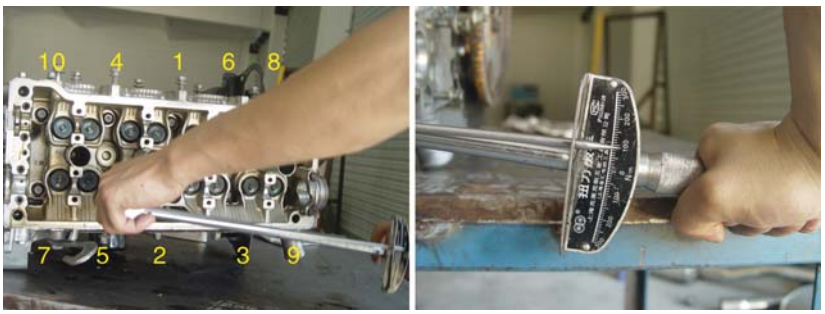


图 3-2-6　气缸盖螺栓的拧紧顺序及力矩

（2）活塞连杆组拆装要点

拆卸连杆轴承瓦盖前应在其上做与气缸对应的标记，复装时注意不能装反，如图 3-2-7 所示。曲轴的主轴承上标有相应气缸的标记，复装时不能互换。

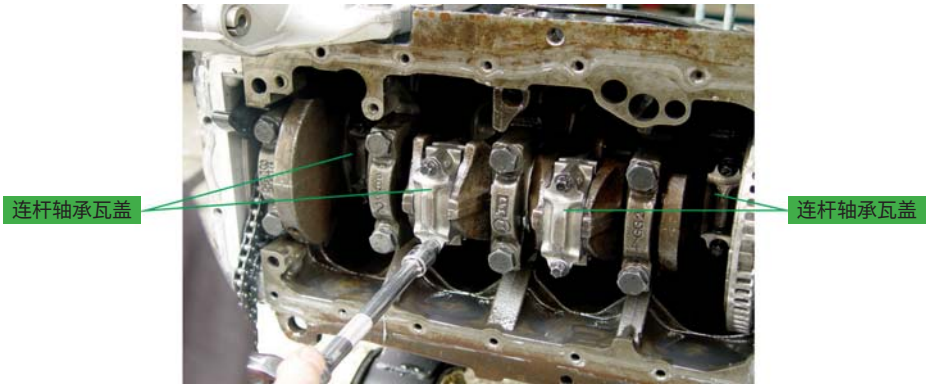


图 3-2-7　连杆轴承瓦盖

使用木棒轻轻敲击连杆，在另一面取出活塞，如图 3-2-8 所示。

活塞安装时应注意安装方向标记。箭头指向发动机前部（即 1 缸方向），如图 3-2-9 所示。

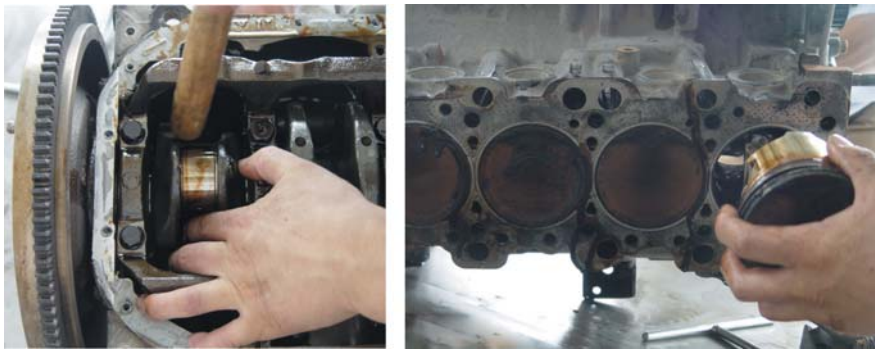


图 3-2-8　拆卸活塞

图 3-2-9　活塞安装标记

使用干净机油润滑活塞和活塞环，并将活塞环安装到活塞上。安装活塞环时，应将有标记的一面朝上。为减少气缸泄压，应将活塞环开口错开，使活塞环开口之间成一定角度，一般为 120 ° 或 90 °，如图 3-2-10 所示。

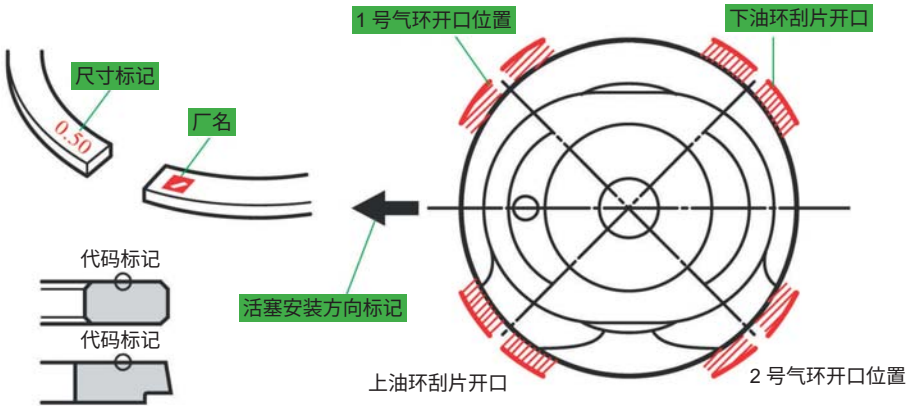


图 3-2-10　活塞环的安装

使用活塞安装工具抱住活塞和活塞环，注意安装工具应刚刚夹住第三道活塞环。使用橡胶锤轻轻敲击活塞顶部，将其装入气缸，如图 3-2-11 所示。

将连杆下轴瓦与对应的连杆轴承盖安装在一起，并在轴瓦表面涂抹机油。注意将轴瓦上的缺口与连杆轴瓦盖上的缺口对齐，如图 3-2-12 所示。

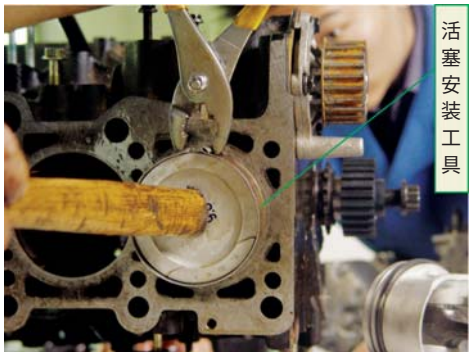


图 3-2-11　活塞安装

图 3-2-12　连杆轴瓦的安装

（3）曲轴拆装要点

拆卸曲轴主轴承瓦盖时应注意其标记，复装时不得混装，如图 3-2-13 所示。另外，第三道主轴承瓦盖的两端有推力垫片，安装时需要注意，如图 3-2-14 所示。

图 3-2-13　曲轴主轴承瓦盖安装标记

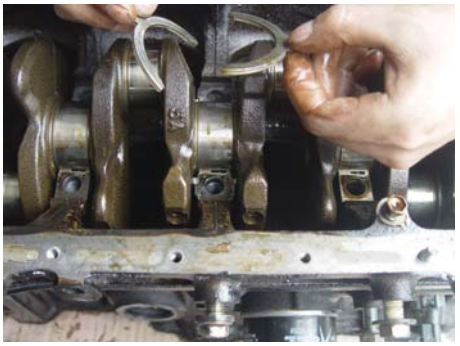


图 3-2-14　第三道主轴承瓦盖上的推力垫片

2. 活塞连杆组的检查

（1）活塞的检查与选配

1）活塞裙部直径的检测。常用方法是用千分尺测量活塞裙部直径，如图 3-2-15 所示。

在活塞销的 90 °方向，活塞裙部从下往上 10mm 的位置测量其直径，具体数据参考相应维修手册。

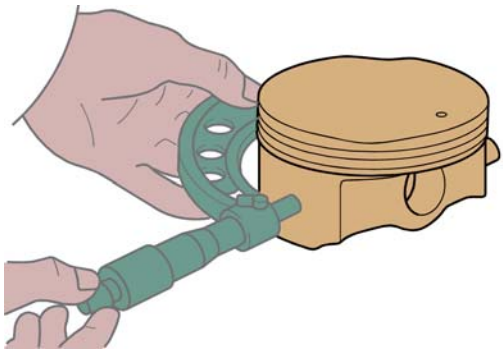


图 3-2-15　测量活塞裙部直径

2）活塞的选配。在同一系列发动机中，其活塞的结构不一定相同，因此选配活塞时，必须根据发动机的类型选用对应类型的活塞。否则会引起发动机燃烧不良、工作粗暴，经济性和动力性下降。选配活塞时应注意以下问题：

①活塞的选配应按气缸的修理尺寸来确定，通常加大尺寸数值标注在活塞顶部，如图 3-2-16 所示。

②同一发动机上同一组活塞的直径差不得大于 0.020mm。

③同一发动机内各活塞的质量差不得超过活塞质量的 3 %。

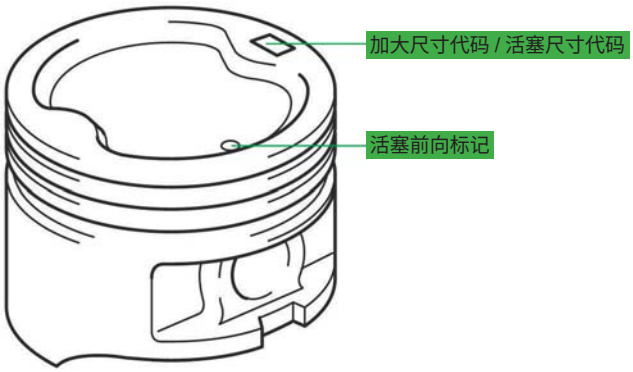


图 3-2-16　活塞尺寸代码位置

（2）活塞环的检查

1）活塞环端隙的检查。先将活塞环平整地放在待配的气缸内，用活塞头将活塞环推平，并推入气缸约 10cm 处，然后用塞尺插入活塞环开口处进行测量，如图 3-2-17 所示。吉利帝

豪 4G13TB 发动机第一道气环端隙为 0.2~0.32 mm，第二道气环端隙为 0.30~0.50mm。

2）活塞环侧隙的检查。将活塞环放在环槽内，围绕环槽转动一周，应能自由转动，然后用塞尺测量其侧隙，如图 3-2-18 所示，即可确定其是否符合要求。吉利帝豪 4G13TB 发动机油环侧隙为 0.04~0.15mm，第一道气环侧隙为 0.04~0.08mm，第二道气环侧隙为 0.03~0.07mm。

3）活塞环背隙的检查。分别测量活塞环槽的深度和活塞环的宽度，计算两者的差值，得出活塞环背隙。活塞环背隙一般为 0.5~1mm。

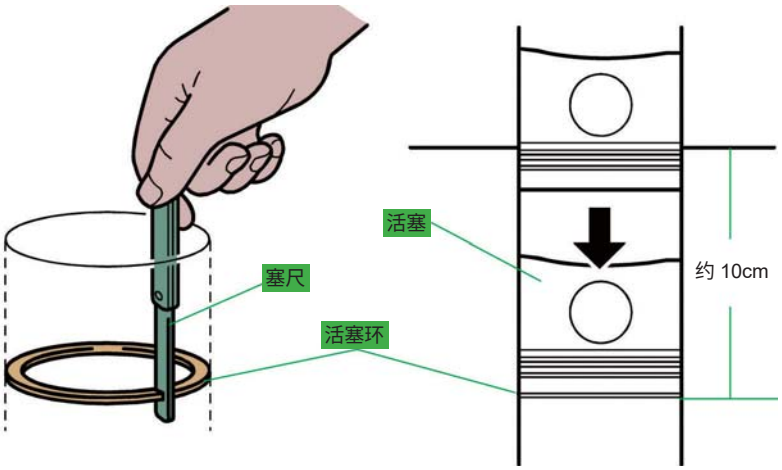


图 3-2-17　活塞环端隙的检查

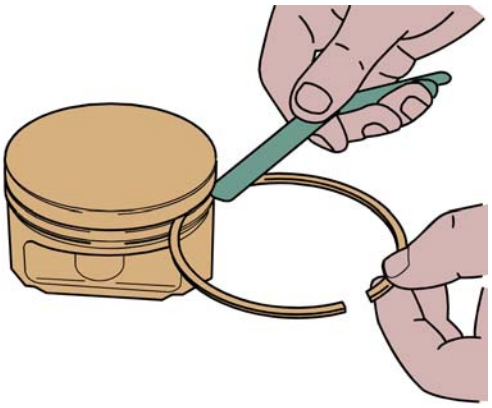


图 3-2-18　活塞环侧隙的检查

3. 机体组的检修

（1）气缸体的检查

1）气缸体表面变形量的检查。在如图 3-2-19 所示的七个方向，使用直尺和塞尺测量气缸体上表面的变形量。吉利帝豪 4G13TB 发动机气缸体表面变形量最大允许值为 0.06 mm。

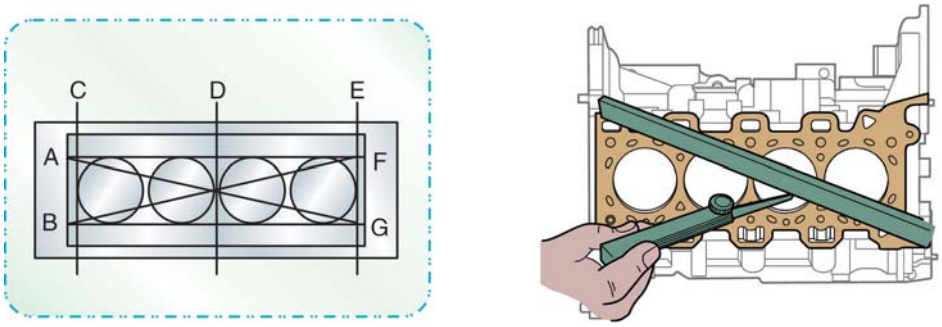


图 3-2-19　气缸体表面变形量的检查

2）气缸直径的测量。如图 3-2-20 所示，在 A 和 B 两个方向上，在顶端表面以下 10mm 处测量气缸直径。

（2）气缸盖的检查

1）气缸盖平面度的检查。如图 3-2-21 所示，使用塞尺和直尺测量气缸盖表面的平面度。吉利帝豪 4G13TB 发动机气缸盖平面度必须在 0.04mm 以内。

2）歧管接触表面的平面度。分别使用直尺和塞尺测量气缸盖进气歧管和排气歧管接触面的平面度。

吉利帝豪 4G13TB 发动机气缸盖进气歧管接触面平面度最大值为 0.05mm，排气歧管接触面平面度最大值为 0.05mm。

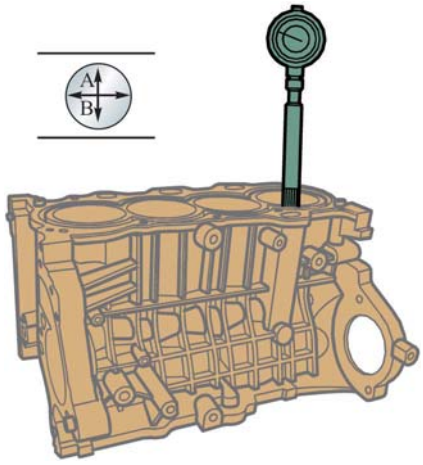


图 3-2-20　气缸直径的测量

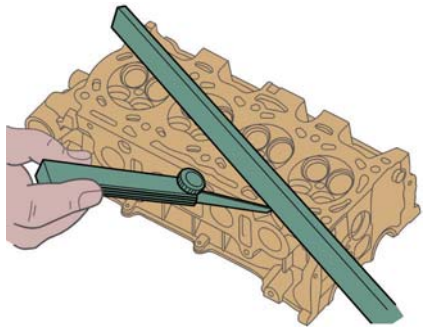


图 3-2-21　气缸盖表面的平面度

4. 曲轴的检查

（1）曲轴弯曲变形的检查

检查曲轴是否弯曲变形时，应将曲轴的两端用 V 形块支承在检测平板上，然后用百分表的触头抵在中间主轴颈表面，转动曲轴一周。百分表上指针的最大与最小读数之差即为中间主轴颈对两端主轴颈的径向圆跳动误差（一般不超过 0.06mm），如图 3-2-22 所示。

（2）曲轴磨损及轴向间隙的检查

首先检查曲轴轴颈划痕，划痕是轴颈常见的损伤，通常出现在曲轴轴颈的中央位置。

然后检查曲轴轴向间隙，曲轴轴向间隙可以使用塞尺或百分表来检查。安装好曲轴后，首先前后撬动曲轴若干次，使上、下推力轴承在同一平面，然后测量曲轴的轴向间隙。曲轴的轴向间隙一般在 0.020~0.300mm 之间，如图 3-2-23 所示。如果轴向间隙太大，则需要更换加厚的推力轴承或主轴瓦，加厚推力轴承需要维修技师自己加工。

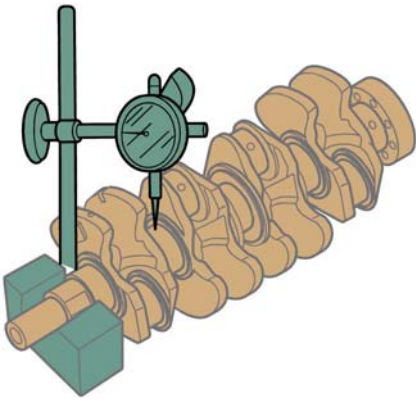


图 3-2-22　曲轴弯曲变形的检查

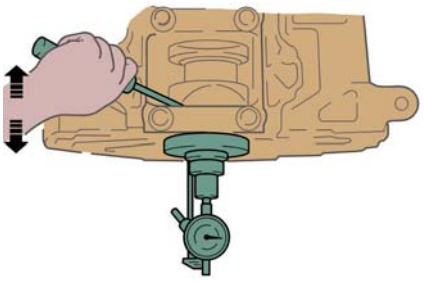


图 3-2-23　曲轴磨损及轴向间隙的检查

3.2.3 曲柄连杆机构常见故障诊断与排除

1. 气缸压力过高

（1）故障现象

① 发动机急加速或大负荷运转时出现爆燃声。
② 发动机工作粗暴。
③ 活塞烧顶和火花塞烧蚀。

（2）故障原因

气缸压力增高的原因是燃烧室容积减小，具体包括以下几点：
① 燃烧室积炭过多。
② 气缸垫过薄。
③ 活塞不合格。
④ 气缸体或气缸盖接合平面磨削过度。

（3）处理方法

① 在燃油箱中按比例加入发动机积炭清除剂，使汽车正常运行 1~2 天，对气缸进行清洗或拆开气缸盖清除积炭。

② 测量气缸垫厚度，不合格的更换。

③ 检测活塞顶部至活塞销的尺寸是否合格，不合格的更换活塞。

④ 咨询车主是否光磨过气缸盖或测量过气缸垫厚度，不合格的更换气缸盖或增加气缸垫厚度。

2. 气缸压力过低

（1）故障现象

① 发动机动力不足。
② 发动机怠速不稳。
③ 发动机起动困难。
④ 发动机油耗过高。

（2）故障原因

气缸压力过低是气缸漏气引起的，气缸漏气的主要原因如下：
① 气缸与活塞环和活塞磨损过大。
② 活塞环对口、卡死、折断。
③ 气缸壁拉伤。
④ 进、排气门与气门座密封不良。
⑤ 气缸垫烧蚀、松动、漏气。

（3）处理方法

① 各气缸压力均低。各气缸压力基本一致，但普遍低于原车该地区规定标准的 80 %，主要是活塞环与气缸壁磨损过度造成的。

② 个别气缸压力低。个别气缸压力低于标准，其主要原因有气缸壁拉伤、气门密封不严、气缸垫损坏等。

③ 相邻两缸压力低。相邻两缸压力低于标准，而且两缸压力相等或相近，其原因是两缸之间的部分气缸垫损坏或气缸盖螺栓没有按规定的力矩拧紧。

用气缸压力表测量气缸压力并记录，然后向相应缸火花塞孔内注入 20~30mL 浓机油，旋转曲轴数圈后，重测气缸压力并记录。

④ 压力不变

a. 如果重测的气缸压力比第一次高，接近标准压力，则表明是气缸、活塞环、活塞磨损过大或活塞环对口、卡死、断裂，以及气缸壁拉伤等原因造成气缸密封不良。

b. 如果重新测量的气缸压力与第一次基本相同，即仍比标准压力低，则表明进、排气门或气缸垫不密封。

c. 如果两次检测相邻两缸压力都相近，说明两缸相邻处的气缸垫烧损窜气。

采用测量气缸压力的方法，可粗略地对气缸活塞组不密封部位的故障进行分析与推断，但不能精确确定具体故障部位。要精确确定漏气部位，还需要根据发动机的运行状况分析：

a. 若进气管有回火或“冲、冲”的响声，则通常是进气门漏气。

b. 若排气管有放炮或“叭、叭”的响声，则通常是排气门漏气。

c. 若加机油口有强烈的窜气，则通常是气缸和活塞环磨损过度。

d. 若加机油口有脉冲状窜气，则通常是活塞环折断或对口。

e. 若冷却液剧烈地沸腾冒泡，则通常是气缸垫烧蚀。

3. 气缸垫密封状态的判断

打开散热器盖，将散热器加满冷却液，使发动机保持中速运转，此时观察散热器内的情况，如有气泡不断涌上，则说明气缸垫密封不良。气缸垫损坏严重时，可在气缸盖与气缸体结合处抹上机油。若接合处也有气泡冒出，则说明气缸垫密封失效，应换新气缸垫。

4. 气缸垫损坏的原因

1）发动机经常超负荷工作，长时间产生爆燃，由于气缸内的局部压力和温度过高，容易冲坏气缸垫。

2）紧固气缸盖螺栓时没有按规定要求进行操作，各螺栓的拧紧力矩不一致，致使气缸垫没有平整地贴在气缸体与气缸盖的结合面上。

3）长时间点火过早（柴油发动机则为供油过早），发动机工作时常产生爆燃。

4）气缸垫质量差。

5）气缸盖翘曲变形。

3.3 配气机构

配气机构的功用是按照发动机每一气缸的工作顺序和工作循环的要求，定时开启和关闭各气缸的进、排气门，使新混合气（或新鲜空气）进入气缸，废气从气缸排出。配气机构应使发动机在各种工况下工作时都能获得最佳的进气量，以保证发动机在各种工况下工作时都具有最佳性能。

3.3.1 配气机构的类型与组成

四冲程发动机常见的配气机构形式是气门式配气机构，它由凸轮驱动，通过传动机构控制进、排气门开闭。气门式配气机构由气门组和气门传动组两部分组成，每组的零件组成与气门的位置、凸轮轴的位置和气门驱动形式等有关。

1. 气门组

气门组包括气门、气门座、气门弹簧、气门油封及气门锁片等，如图 3-3-1 所示。有的气门组件还配有气门旋转机构来减小气门头部的热变形，同时清除气门密封锥面上的沉积物。

气门头部可制成平顶、凹顶和凸顶等形状，目前应用最广泛的是平顶气门，其结构简单、制造方便、受热面积小，进、排气门都可以采用。

气门杆是一个圆柱形杆，一端与头部相连，另一端与弹簧座相连。气门杆应有较高的加工精度，其与气门导管保持合适的配合间隙，以减小磨损，并起到良好的导向和散热作用。气门一般采用两个气门锁片固定在上气门弹簧座上。

图 3-3-1　配气机构

气缸盖与气门锥面贴合的部位称为气门座，如图 3-3-2 所示。气门座的作用是防止气门直接撞击气缸盖而引起气缸盖过度磨损，并吸收气门传来的热量，依靠其内锥面与气门锥面紧密贴合来密封气缸，但其导热性较差。

气门导管对气门的运动起着导向作用，并使气门杆上的热量经气门导管传给气缸盖。气门导管与气门杆之间一般留有微量间隙（0.05~0.12mm），使气门杆能在导管中自由运动。

气门弹簧的功用是保证气门关闭时能与气门座紧密贴合，并克服气门开启时配气机构产生的惯性力，使传动件始终受凸轮控制而不与其脱离，气门导管和气门弹簧如图 3-3-3 所示。

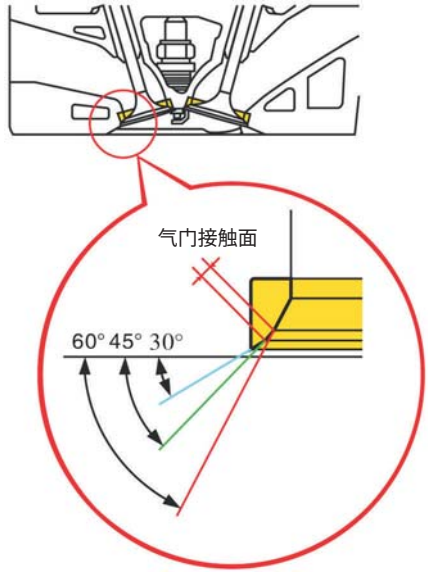


图 3-3-2　气门座

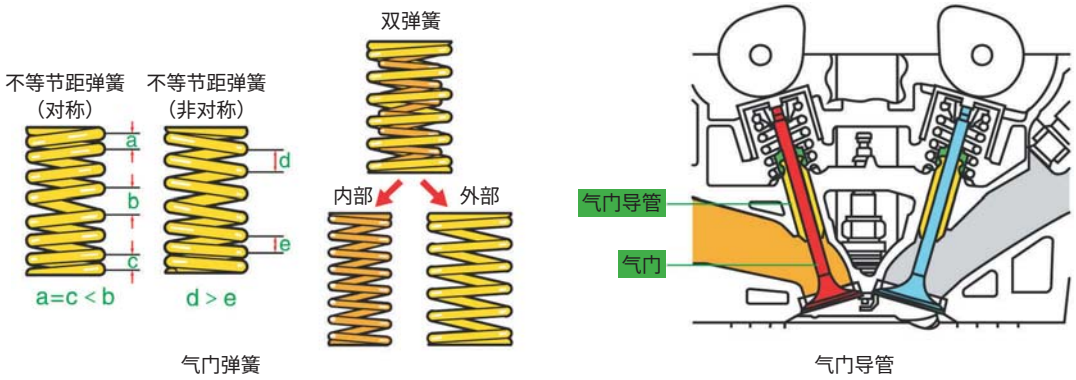
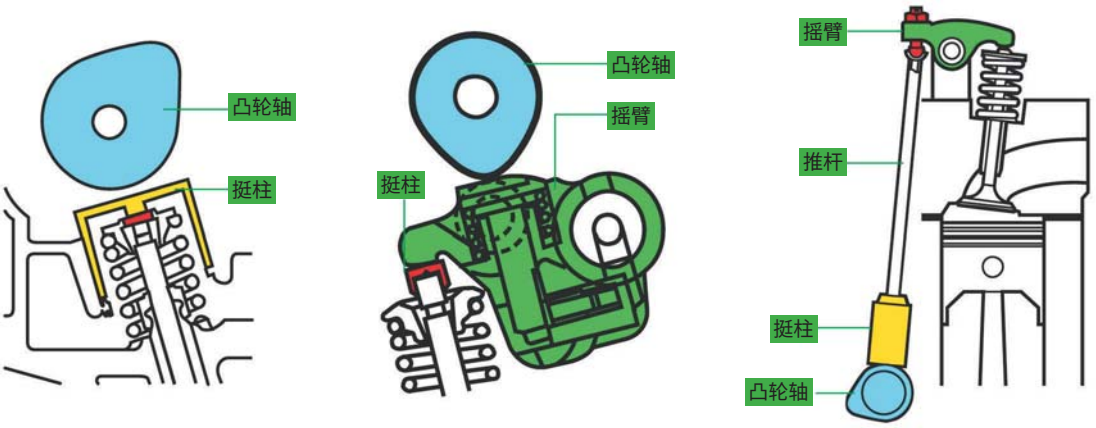


图 3-3-3　气门导管和气门弹簧

2. 气门传动组

气门传动组的作用是使气门按发动机配气相位规定的时刻开、闭，并保证有足够的开启高度。气门传动组主要包括凸轮轴、挺柱、推杆和摇臂等零件。但因气门驱动形式和凸轮轴位置的不同，气门传动组的零件组成差别很大，如图 3-3-4 所示。



顶置凸轮轴直接驱动式　　顶置凸轮轴摇臂驱动式　　下置凸轮轴推杆驱动式

图 3-3-4　气门传动组

凸轮轴用来驱动气门组件，通过轴承支承在气缸盖上，凸轮轴由发动机前部的正时齿轮、正时链或正时带驱动。

挺柱的功用是将来自凸轮的运动和作用力传给推杆或气门，同时承受凸轮所施加的侧向力，并将其传给机体或气缸盖。挺柱分为机械挺柱和液压挺柱两大类，每一类中又有平面挺柱和滚子挺柱等多种结构形式。

推杆应用在凸轮轴下置式和中置式配气机构中，其作用是将挺柱传来的运动和作用力传给摇臂。推杆是一个细长杆件，处于挺柱和摇臂之间。

摇臂的作用是将推杆或凸轮的作用力传递给气门组件。摇臂是一个以摇臂轴为支点的双臂杠杆，两臂不等长。摇臂一端加工有螺纹孔，用来拧入气门间隙调整螺栓，另一端加工成圆弧面，与推杆末端球面配合。

3.3.2 配气机构维修要点

1. 配气机构拆装要点

（1）凸轮轴的拆装要点

凸轮轴轴承盖上一般带有标记，标明其是哪一道轴承盖。单顶置凸轮轴轴承盖的拆卸顺序是先依次松开第 5、1、3 道轴承盖，再依次松开第 2、4 道轴承盖，如图 3-3-5 所示。

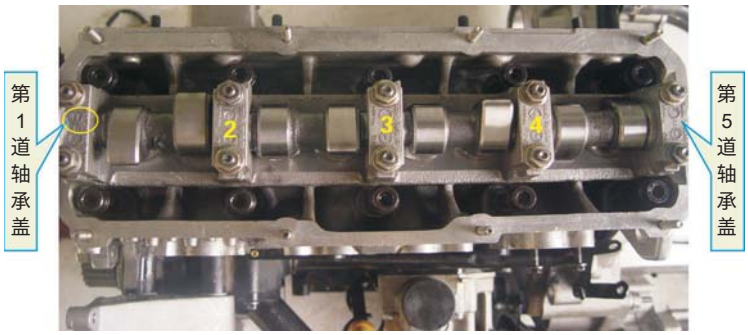


图 3-3-5　单顶置凸轮轴轴承盖的拆卸

传动带的检查与更换

双顶置凸轮轴轴承盖拆卸相对复杂。其轴承盖上不仅标有进、排气侧相关标记，还有第几道轴承盖的标记。复装时严禁混装。

图 3-3-6 所示的排气侧凸轮轴轴承盖上标记有“E3”字样。其中，字母“E”代表“Exhaust（排气）”，数字“3”代表排气凸轮轴的第 3 道轴承盖。

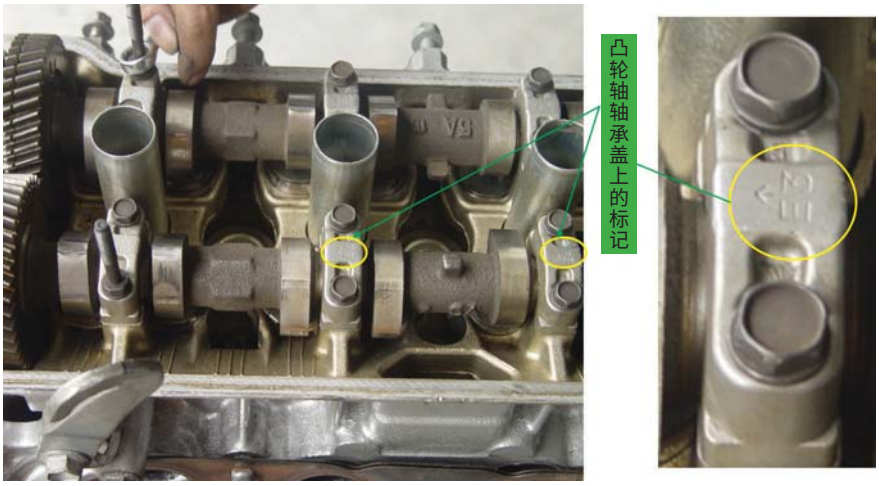


图 3-3-6　双顶置凸轮轴轴承盖上的标记

进气侧凸轮轴轴承盖上标记有“I3”字样。其中，字母“I”代表“Inlet（进气）”，数字“3”代表进气凸轮轴的第 3 道轴承盖。

双顶置凸轮轴轴承盖的拆卸顺序如图 3-3-7 所示。

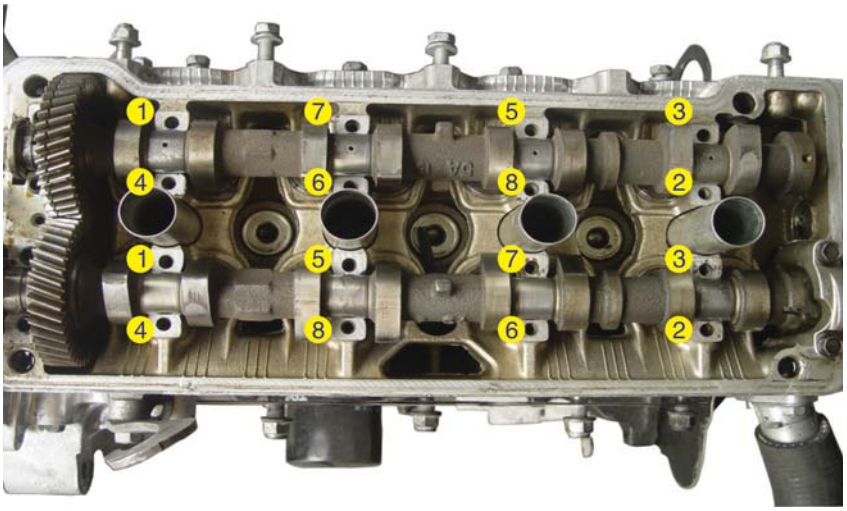


图 3-3-7　双顶置凸轮轴轴承盖拆卸顺序

（2）气门组的拆装要点

将气门拆装工具安装到气缸盖上，压缩气门弹簧，使气门锁片从气门杆底部解锁，用磁力棒吸出气门锁片，如图 3-3-8 所示。

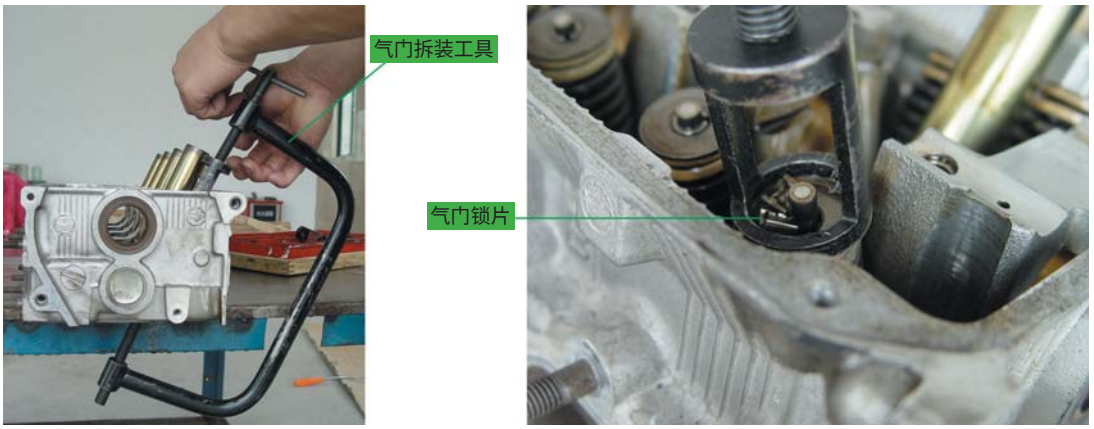


图 3-3-8　安装气门拆装工具以压缩气门弹簧

取下气门拆装工具，用磁力棒取出气门弹簧座、气门弹簧和气门弹簧垫片。在气缸盖另一端取下气门。使用气门油封拆装工具取下气门油封，如图 3-3-9 所示。

2. 凸轮轴的检查

（1）目视检查

检查前要在溶剂中清洗凸轮轴并用压缩空气吹干，然后目视检查以下内容：

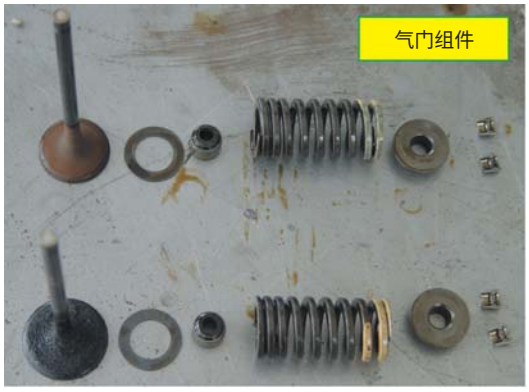


图 3-3-9　取下气门组件和油封

① 凸轮轴供油孔是否有灰尘、碎屑或堵塞。
② 螺纹孔是否损坏。
③ 凸轮轴定位切口是否损坏或磨损。
④ 凸轮轴密封槽是否损坏。
⑤ 凸轮轴推力面是否损坏。
⑥ 凸轮和轴颈是否存在严重划伤、点蚀、热变色或变形。

（2）凸轮轴径向跳动的检查

如图 3-3-10 所示，将凸轮轴支承在检验平板的 V 形架上，百分表放到平板中间，调整百分表测量杆，使其抵靠在凸轮轴中间主轴颈表面上，预压 1mm。缓慢旋转凸轮轴一周，指针所指示的最大值与最小值之差即为凸轮轴的径向跳动量。吉利帝豪 4G18T 发动机凸轮轴径向跳动量最大值为 0.03mm。

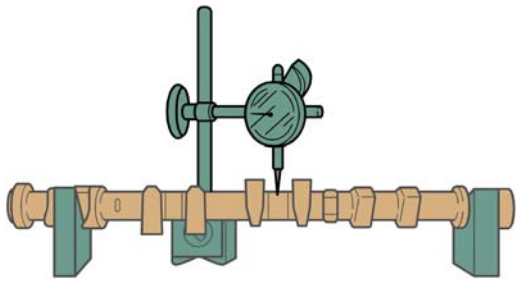


图 3-3-10　凸轮轴径向跳动的检查

3. 凸轮轴的诊断

（1）凸轮轴常见故障

凸轮轴的故障大多由磨损造成。如果凸轮轴磨损严重，则气门室会发出“滴答、滴答”的异响。凸轮轴的磨损主要表现为凸轮轴轴承及凸轮磨损。

顶置式凸轮轴的检查相对比较方便，通常拆卸气门室盖后即可对气门机构及凸轮轴进行检查。而对下置式和中置式凸轮轴进行检查时，则需要分解发动机。

（2）凸轮轴常见故障原因

凸轮轴常见故障主要包括凸轮和轴颈磨损、凸轮轴弯曲及异响等，引起这些故障的主要原因如下：

① 凸轮轴润滑不良。
② 凸轮轴轴颈紧固螺栓紧固力矩不足。
③ 凸轮轴轴向定位螺栓或推力片松动。
④ 凸轮轴轴颈紧固螺栓松动。
⑤ 凸轮轴运动时发生轴向移动。
⑥ 凸轮轴轴承润滑不良或安装不当。
⑦ 凸轮或挺柱磨损严重。

4. 挺柱外径的检查

如图 3-3-11 所示，在 A 和 B 两点沿 X 和 Y 方向，测量挺柱外径。吉利帝豪 4G18T 发动机挺柱外径值为 30.96~30.97mm。

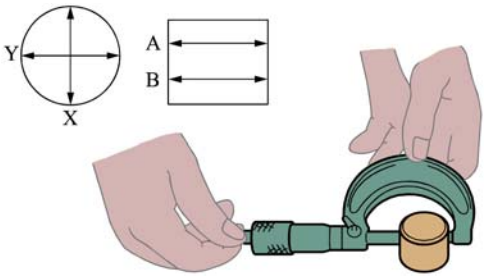


图 3-3-11　挺柱外径的检查

5. 气门的检查

（1）测量气门边缘厚度

如图 3-3-12 所示，检查气门边缘厚度。如果厚度小于规定值则应更换气门。气门边缘厚度的参数可查阅各车型维修数据。吉利帝豪 4G18T 发动机气门边缘厚度值如下。

进气门：0.27~1.23mm
排气门：0.90~1.10mm

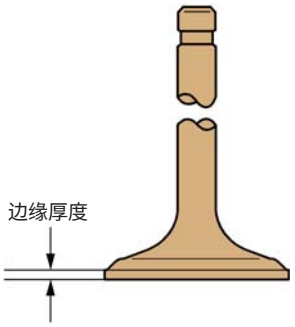


图 3-3-12　测量气门边缘厚度

（2）气门杆直径的测量

如图 3-3-13 所示，在 A、B、C 三点分别沿 X 和 Y 方向，测量各气门杆直径。如果气门杆直径小于规定值则应更换气门。气门杆直径的参数可查阅各车型维修数据。吉利帝豪 4G18T 发动机气门杆直径值如下。

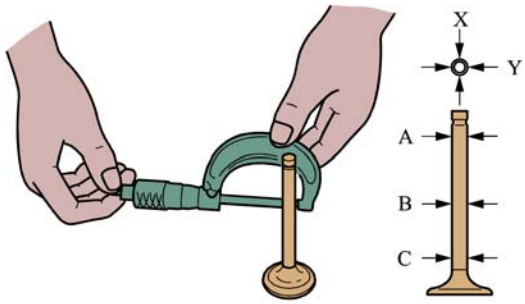


图 3-3-13　气门杆直径的测量

标准外径：
进气门：5.470~5.485mm
排气门：5.465~5.480mm
最小外径：
进气门：5.470mm
排气门：5.465mm

6. 气门导管的检查

如图 3-3-14 所示，在 A、B、C 三点分别沿 X 和 Y 方向测量气门导管的内径。各车型数值不同可参考相关维修数据。吉利帝豪 4G18T 发动机气门导管标准内径为 5.51~5.53mm。

7. 气门弹簧的检查

使用游标卡尺测量气门弹簧的长度，如图 3-3-15 所示。气门弹簧长度会因发动机不同而有所区别，详细数据可参照相关发动机的维修数据。吉利帝豪 4G18T 发动机气门弹簧长度标准值为 44.7~45.7mm。如果超出范围则应更换气门弹簧。

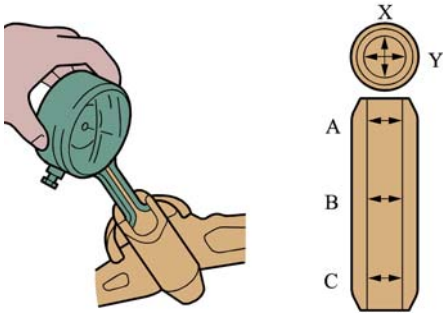


图 3-3-14　气门导管的检查

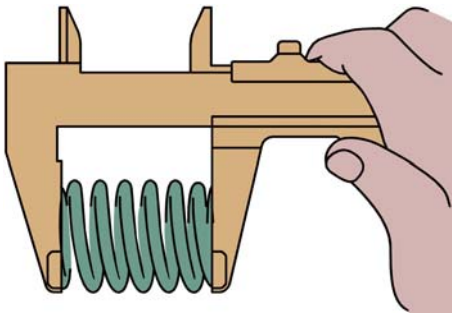


图 3-3-15　气门弹簧的检查

8. 气门间隙的检查

①旋转曲轴，使第 1 缸活塞处于上止点位置。

②如图 3-3-16 所示，使用塞尺测量图中箭头所示气门间隙值。吉利帝豪 4G18T 发动机气门间隙标准值（冷车时）如下。

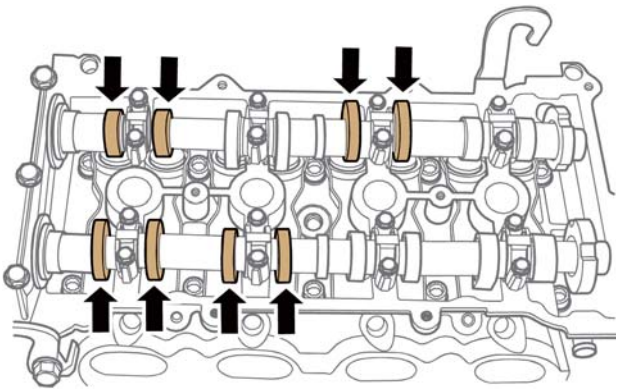


图 3-3-16　气门间隙测量 1

进气门：0.23±0.03mm

排气门：0.32±0.03mm

③ 将曲轴旋转 1 圈（360 °），使第 4 缸处于上止点位置，测量图 3-3-17 箭头所示的气门间隙值。

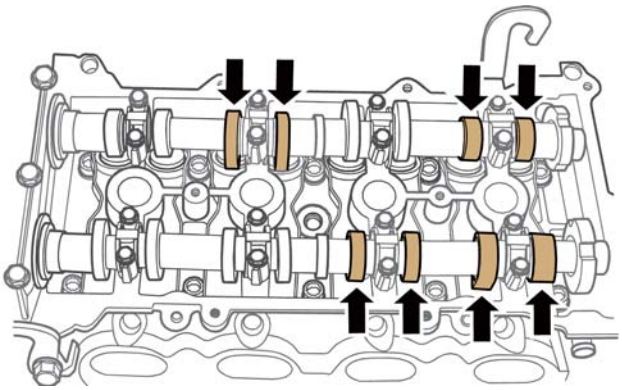


图 3-3-17　气门间隙测量 2

如果测量出的气门间隙不符合标准则按照以下步骤调整：

① 拆卸凸轮轴轴承盖。按规定顺序松开凸轮轴轴承盖螺栓，每次松开半圈到一圈。最后拆下凸轮轴。

② 取出气门挺杆，如图 3-3-18 所示，使用千分尺测量其厚度，根据以下公式计算出新的气门挺杆厚度。

进气：A=B+C–0.23mm

排气：A=B+C–0.32mm

式中，A 为新气门挺杆厚度；B 为旧气门挺杆厚度；C 为测量出的气门间隙。

③ 选用的新挺杆厚度值应尽量接近公式计算出的数值。

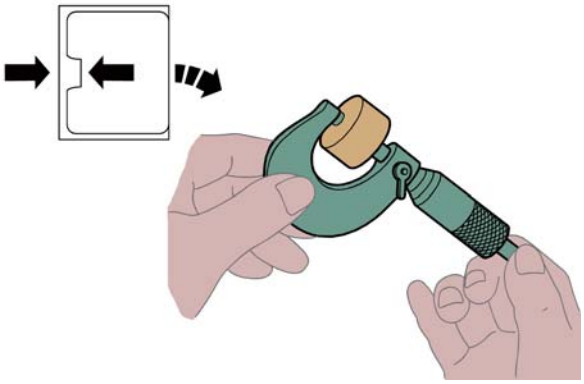


图 3-3-18　测量气门挺杆

3.3.3 配气机构常见故障检修

1. 气门间隙过大

（1）故障现象

车辆行驶无力，同时伴有“嘭、嘭”的声响，发动机功率明显下降。

（2）故障原因

① 发动机怠速时，在气门室盖附近能听到杂乱的“哒、哒”声。

② 拆开空气滤清器能听到“嘭、嘭”的响声（非金属敲击声），用手捂住空气滤清器进气口，响声明显减弱，但会出现“哒、哒”声。

③ 路试，车辆行驶无力。

④ 断缸检查，无上缸迹象。

（3）诊断与排除

调整气门间隙。但对有些发动机而言，根据行驶条件，可适当增大气门间隙，使其获得更好的动力性和经济性，即允许有轻微的气门脚响。

2. 气门间隙过小

（1）故障现象

① 发动机怠速运行平稳，无杂声。

② 起动性能变差。

③ 汽车行驶无力。

④ 温度高时会出现不规则的进气回火、排气放炮现象。

⑤ 出现活塞撞击气门的响声。

（2）故障原因

气门间隙过小，造成气缸密封不良，发动机功率下降。可根据故障现象进行判断，必要时可在发动机温度高时测量气缸压力，这时的气缸压力明显低于正常值。

（3）诊断与排除

调整气门间隙，多数发动机都不允许气门间隙过小。

3. 排气门烧蚀

（1）故障现象

① 汽车行驶无力。
② 发动机抖动严重。
③ 排气管有“突、突”的排气声。
④ 消声器处冒白色或灰色的烟雾。

（2）故障原因

① 气门间隙过小，气门受热膨胀后关闭不严。
② 气门杆与气门导管的间隙过大导致气门摇晃。
③ 气门杆弯曲或气门头部变形后导致气门倾斜。
④ 气门杆积炭过多，使气门在气门导管内运动受阻。气门杆与气门导管的间隙过小，气门运动不灵活。
⑤ 发动机负荷高、温度高，气门传热不良。
⑥ 气门座附近的冷却液套内因水垢淤积等原因而冷却效果不良。
⑦ 气门材料和制造质量欠佳。

（3）诊断与排除

① 根据以上现象，对发动机进行逐缸断缸试验，当某缸不工作时，如果发动机转速无变化或变化不大，排气管“突、突”的响声同时消失，则可判断为该缸故障。为进一步确诊排气门是否烧蚀，可对该缸进行压力测试。
② 查明故障原因并排除后，更换气门。

4. 进气门积炭和结胶

（1）故障现象

① 发动机运转不稳，抖动大。
② 起动性能变差。
③ 汽车行驶无力。
④ 发动机达到一定温度后进气管发出尖锐的“喋、喋”声。
⑤ 排气声不均匀。

⑥ 进气歧管有过热烫手现象。
⑦ 进气管有回火现象。

（2）故障原因

① 气门油封失效，机油进入气缸内燃烧产生大量胶质和炭。
② 活塞与气缸的配合间隙过大。
③ 活塞环对口、弹性下降、开口间隙过大或方向装错。
④ 密封性降低，使机油窜入气缸燃烧。
⑤ 气门杆与气门导管磨损过度、间隙过大，以及气门关闭不严，使机油进入气缸。
⑥ 发动机低温运转时间过长。
⑦ 机油的质量欠佳或黏度过小，油底壳内机油油面过高，促使机油窜入燃烧室。
⑧ 使用含有较多胶质的柴油，或柴油喷射时雾化不良，造成燃烧不完全。

（3）诊断与排除

① 根据以上现象，特别是进气歧管过热烫手现象，再对发动机进行逐缸断缸试验。当某缸不工作时，如果发动机转速无变化或变化不大，且进气管“喋、喋”的声响消失，则可判断为该缸故障。为进一步确诊，也可对该缸进行压力测试。

② 查明故障原因并排除。

③ 拆卸气门检查，如果气门没有损坏则可清除积炭，重复使用。

④ 如果故障较轻可不解体清除积炭，则在油箱中按比例加入气缸清洗剂，汽车可正常运行。如果故障症状减轻，则可继续清洗一次。如果无效则解体气缸盖，手工清除积炭。

⑤ 如果气门损坏或烧蚀则应更换气门。

5. 进气管漏气

（1）故障现象

① 发动机动力不足。
② 起动困难。
③ 发动机运转中抖动。
④ 急加速时有回火或放炮现象。
⑤ 在进气管附近可听到“嘘、嘘”的响声。

（2）诊断与排除

① 首先在进气管附近听诊是否有漏气的“嘘、嘘”响声。

② 如果漏气部位在空气流量计前方，则发动机通常没有故障现象，只会增加发动机的磨损。

③ 如果漏气部位在空气流量计后方、节气门前方，则发动机表现为动力不足、运行不平稳。

④ 如果漏气部位在节气门后方，则发动机表现为起动困难、回火放炮等现象。

6. 排气门漏气

（1）故障现象

① 排气噪声大。
② 有时会“放炮”。
③ 废气检测，氧含量增加。

（2）诊断与排除

① 目测法：排气管漏气部位通常有烟冒出，周围有黑色的炭烟痕迹。
② 手感法：用手在距排气管 100mm 处感受，漏气部位有窜气（小心烫伤）。
③ 听诊法：漏气部位有“叭、叭”的响声。
④ 排气管漏气故障通常都要结合以上方法来诊断。

7. 进气管回火

（1）故障现象

① 发动机高温时进气管处出现“嘭、嘭”的响声，拆除空气滤清器可看见明显的回火现象。
② 起动性能变差。
③ 汽车行驶无力。

（2）故障原因

① 进气门间隙过小。发动机高温时，气门杆膨胀伸长使进气门关闭不严。
② 进气门烧蚀或气门座烧蚀，引起进气门关闭不严。
③ 做功行程中，火焰通过未关严的进气门进入进气管，使进气管中的混合气燃烧，造成回火。

（3）诊断与排除

① 检查和调整进气门间隙。
② 更换进气门或气门座。

8. 排气管放炮

（1）故障现象

① 发动机高温时，排气管处出现“叭、叭”声。
② 起动性能变差。
③ 汽车行驶无力。

（2）故障原因

① 排气门间隙过小。发动机高温时，气门杆膨胀伸长使排气门关闭不严。

② 排气门烧蚀或气门座烧蚀，引起排气门关闭不严。

③ 压缩行程中，可燃混合气通过未关严的排气门进入排气管，并在高温高压作用下燃烧，造成排气管放炮。

（3）诊断与排除

① 检查和调整排气门间隙。

② 更换排气门或气门座。

3.4 进、排气系统

进、排气系统的作用是供给发动机新鲜空气，并将燃烧后的废气排出。进、排气系统直接影响发动机的动力性、经济性及排放性。

3.4.1 进气系统

进气系统的作用是尽可能多且均匀地向各气缸供给可燃混合气或新鲜空气，保证发动机持续稳定运转。进气系统通常由空气滤清器、节气门体和进气歧管等部件组成，如图 3-4-1 所示。

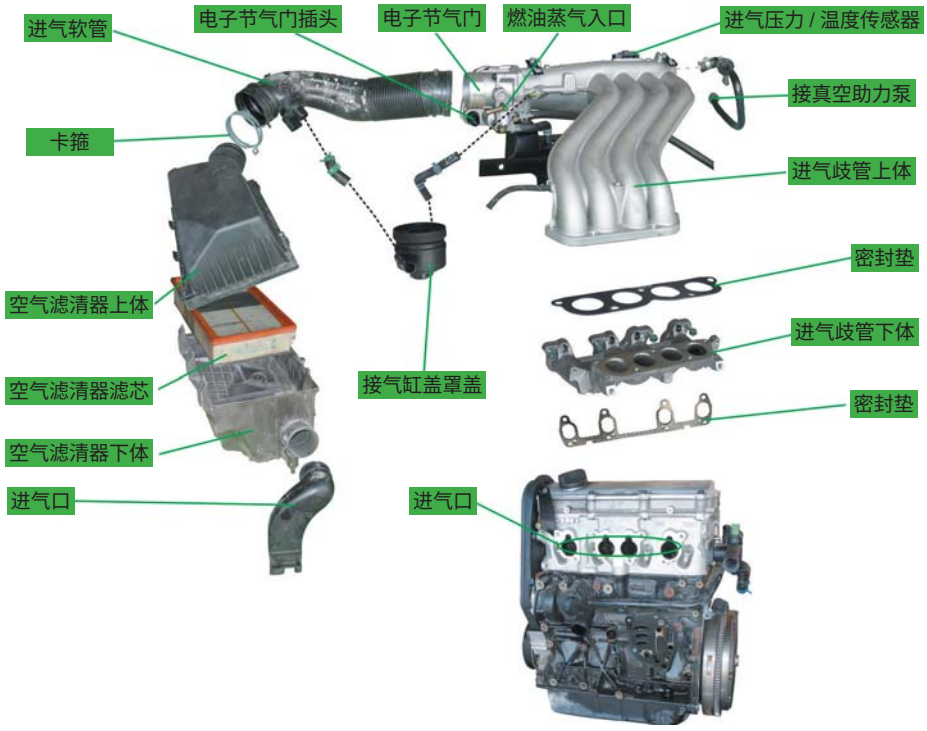


图 3-4-1　进气系统的组成

空气滤清器的主要作用是滤除空气中的杂质，让洁净的空气进入气缸。

发动机大多使用干式纸滤芯空气滤清器，它由纸滤芯和滤清器外壳组成，滤清器外壳包括滤清器盖和滤清器外壳底座。

节气门的作用是控制发动机的进气量。在发动机工作过程中，空气中的部分杂质遇热后会凝结在节气门上，造成怠速抖动、熄火等现象，因此要对节气门进行定期清洗。

进气歧管指节气门之后到气缸盖进气道之前的进气管道。进气歧管必须将空气尽可能均匀地分配给各气缸，因此各路进气歧管长度应尽量相等。

3.4.2 进气系统维修要点

1. 节气门拆卸与清洗操作要点

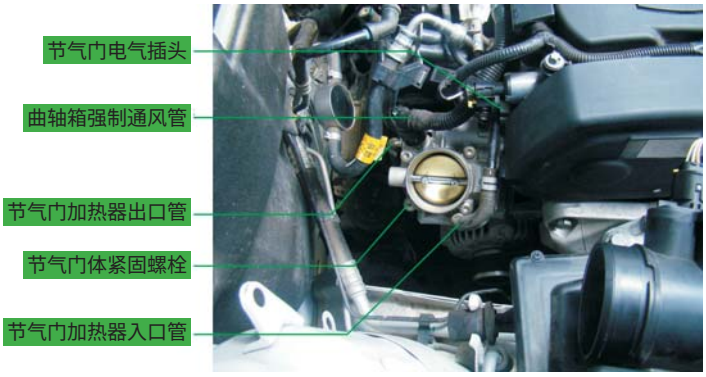
1）使用螺钉旋具将进气软管与空气滤清器壳体和节气门体连接处的卡箍拧松，如图 3-4-2 和图 3-4-3 所示。

图 3-4-2　进气软管与空气滤清器壳体连接卡箍

图 3-4-3　进气软管与节气门体的连接卡箍

2）取下进气软管，可看到节气门体的 4 颗内六角紧固螺栓以及节气门体上的连接管路和电气插头，如图 3-4-4 所示。

a）取下进气软管



b）节气门体连接管路及 4 颗紧固螺栓

图 3-4-4　拆卸进气软管

3）拆卸节气门体上的连接管路（曲轴箱强制通风管、节气门加热器出口管、节气门加热器入口管）和电气插头，如图 3-4-5 所示。

a)　　b)　　c)

图 3-4-5　拆卸节气门体上的连接管路和电气插头

4）如图 3-4-6 所示，使用内六角扳手拆卸节气门体上的 4 颗紧固螺栓。

5）节气门清洗要点。将化油器清洗器喷洒在节气门体主通道、节气门等处并浸泡一段时间。然后用清洗剂将溶解后的积炭、杂质等冲洗掉。最后用干净的棉布浸上清洗剂将节气门体主通道、节气门等擦拭干净，如图 3-4-7 所示。

图 3-4-6　拆卸节气门体紧固螺栓

图 3-4-7　清洗节气门

2. 进气歧管拆卸更换要点

下面以吉利帝豪 GS 车型 4G18 发动机为例讲解。

1）拆卸喷油器油轨的 2 颗固定螺栓，并取下喷油器和油轨总成，如图 3-4-8 所示。

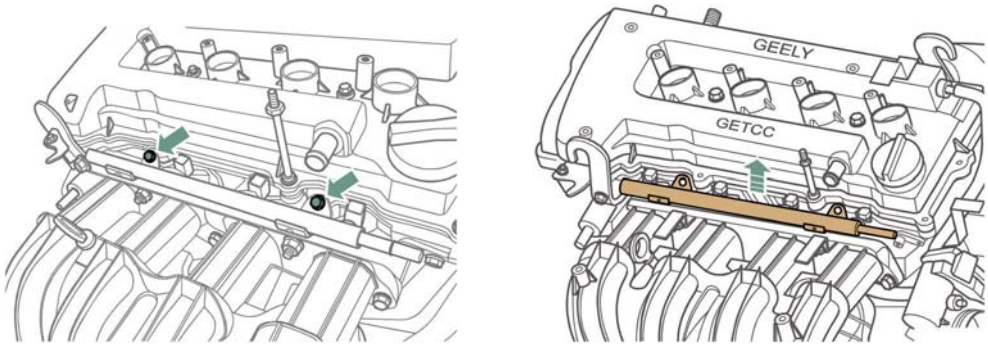


图 3-4-8　拆卸喷油器油轨总成

2）拆卸节气门体。

3）拆卸进气压力 / 温度传感器紧固螺栓，并取下传感器，如图 3-4-9 所示。

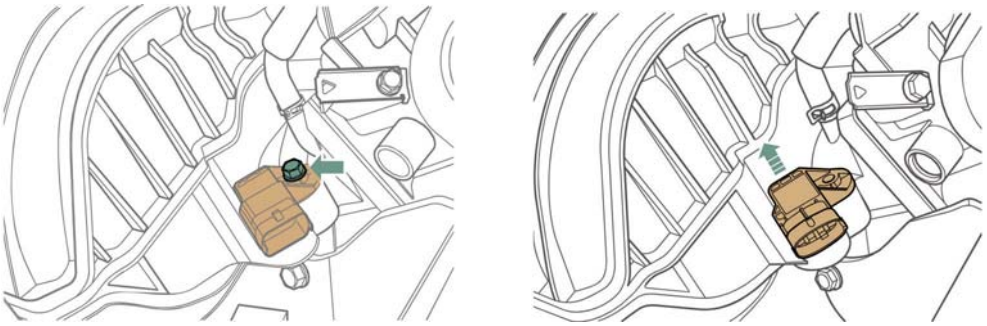
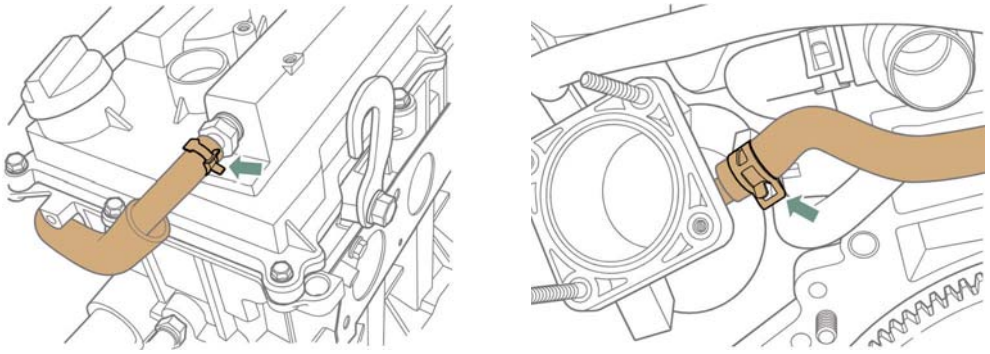
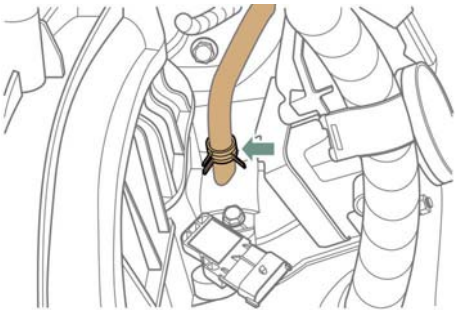


图 3-4-9　拆卸进气压力 / 温度传感器

4）分别拆下曲轴箱强制通风管卡箍（图 3-4-10a）、真空助力器软管卡箍（图 3-4-10b）和炭罐电磁阀软管卡箍（图 3-4-10c），并拔下上述软管插头。



a）　　b）



c）

图 3-4-10　拆卸卡箍并拔下插头

5）按照图 3-4-11 所示的顺序拆卸进气歧管 2 颗固定螺母和 3 颗固定螺栓。

6）轻轻敲击进气歧管本体，使其松动，然后取下进气歧管，如图 3-4-12 所示。

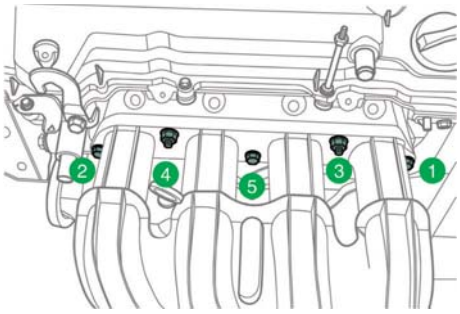


图 3-4-11　进气歧管紧固螺栓拆卸顺序

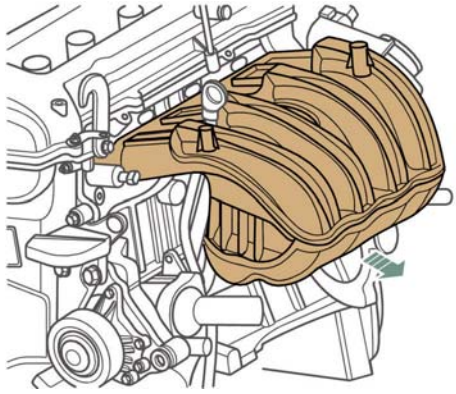


图 3-4-12　取下进气歧管

3.4.3 排气系统

汽车排气系统指收集并排放废气的系统，它主要由排气歧管、排气管、三元催化转化器、谐振器、消声器、排气尾管等部件组成。汽车排气系统主要有以下作用：

① 将废气引到车尾排放，防止有害气体进入驾驶室。

② 改善发动机的排放性，减少对大气的污染。

③ 降低发动机排放废气时的噪声。

1. 排气系统的类型

排气系统一般有单排气系统和双排气系统两种类型，单排气系统应用于直列发动机和部分 V 型发动机，双排气系统用于 V/W 型发动机。

（1）单排气系统

直列发动机在排气行程中，气缸中的废气经排气门进入排气歧管，再由排气歧管进入排气管、三元催化转化器和消声器，最后由排气尾管排到大气中，如图 3-4-13 所示。V 型发动机有两个排气歧管，在大多数装配 V 型发动机的车辆上仍采用单排气系统，即通过一个叉形管将两个排气歧管连接到一个排气管上。

（2）双排气系统

有些 V/W 型发动机采用两个单排气系统，即每个排气歧管各自连接一个排气管、三元催化转化器、谐振器、消声器和排气尾管，采用这种布置形式的排气系统称为双排气系统，如图 3-4-14 所示。双排气系统降低了排气系统内的压力，使发动机排气更为顺畅。

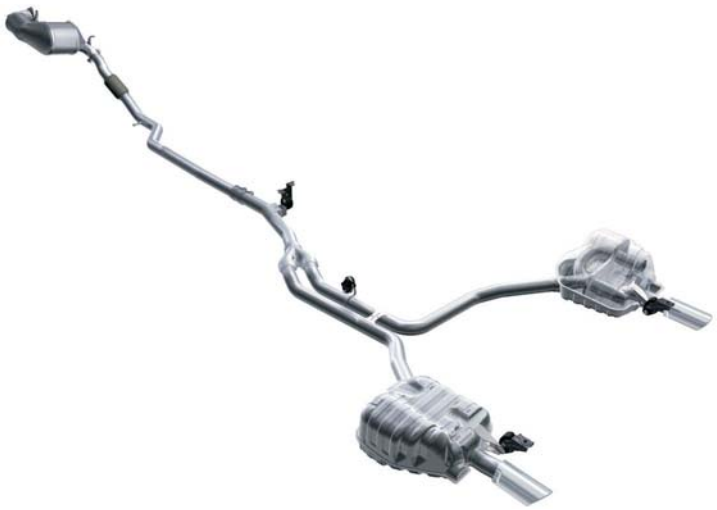


图 3-4-13　单排气系统

图 3-4-14　双排气系统

2. 排气系统的组成

（1）排气歧管

排气歧管的作用是将发动机排出的废气引向排气管，如图 3-4-15 所示。直列发动机有一个排气歧管，V 型发动机左右两侧各有一个排气歧管。按照发动机气缸数不同，一个排气歧管可有 3 个、4 个或者 6 个通道，这些通道的另一端并联到一起，再连接到排气管。

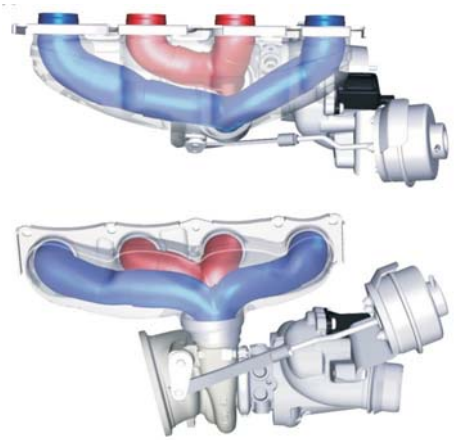


图 3-4-15　排气歧管（带涡轮增压器）

（2）消声器

排气门刚打开时，排气压力和温度非常高，废

气具有一定的能量。同时，由于排气的间歇性，排气管内会产生排气压力脉动。如果让废气直接排入大气，必然产生强烈的、频谱比较复杂的噪声。让排气通过消声器（图 3-4-16），可以逐渐降低排气压力并衰减排气脉动，从而降低排气噪声。

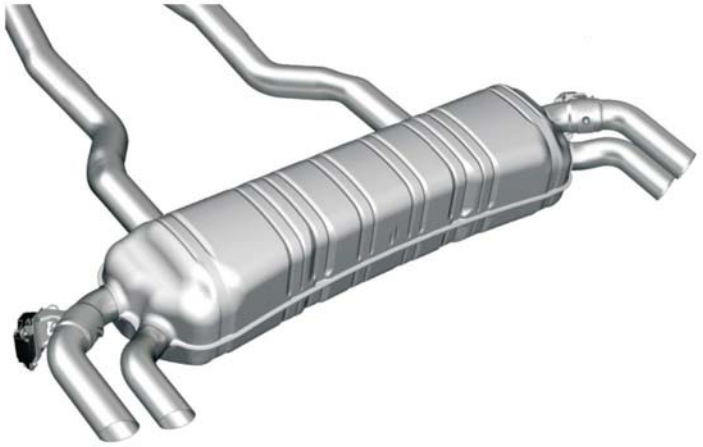


图 3-4-16　消声器

（3）三元催化转化器

三元催化转化器是排气系统中最重要的净化装置，它可将废气中的各种有害气体转化为无害气体。废气经过三元催化转化器时，其内部的活性物质使有害气体进行一定的化学反应，生成各类无害气体。三元催化转化器安装在发动机排气歧管后方，一般由外壳、隔热垫和催化剂载体（表面附着有催化剂）组成，如图 3-4-17 所示。

图 3-4-17　三元催化转化器

3.4.4 排气系统维修要点

1. 排气歧管（不带涡轮增压器）拆卸与更换操作要点

1）举升车辆，如图 3-4-18 所示，在车底拆卸排气管和三元催化转化器的 2 颗紧固螺母，并将排气管和三元催化转化器分开。必要时将排气管拴在底盘上。

排气歧管与三元催化器的拆装

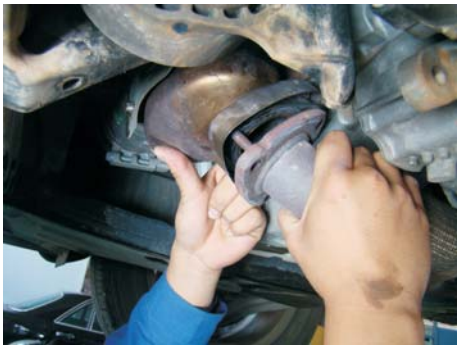


图 3-4-18 拆卸三元催化转化器和排气管紧固螺母

2）降下车辆，在发动机舱内拆卸排气歧管隔热罩紧固螺栓，并取下隔热罩，如图 3-4-19 所示。

3）拔下前后氧传感器插头，如图 3-4-20 所示。

图 3-4-19 拆卸排气歧管隔热罩

图 3-4-20 拔下氧传感器插头

4）拆卸排气歧管紧固螺栓，并取下排气歧管总成，如图 3-4-21 所示。

2. 三元催化转化器的诊断方法

三元催化转化器出现故障后，要及时诊断。常用诊断方法一般有敲击检查、排气背压检查、三元催化转化器表面温度检查以及催化转化效率测试等。

图 3-4-21　拆卸排气歧管紧固螺栓并取下排气歧管

（1）敲击检查

用一个橡胶锤轻轻敲击三元催化转化器外壳。如果其内部材料已经损坏，则在敲击时会出现“咯、咯”声。如果出现异响，则需要更换三元催化转化器。

（2）背压检查

1）真空表检查排气背压。在发动机转速为 2000~2500r/min 时，可使用真空表检查进气歧管的真空度以判断排气背压，再通过排气背压来判断三元催化转化器是否堵塞。如果排气阻塞，则进气歧管真空度会在发动机保持恒定转速时逐渐下降。

真空度下降是废气在发动机高速运转时不能顺利通过排气系统所致。在约 1min 的时间内，积累在阻塞点前的排气压力可能会影响排气行程终了时的气缸压力。因此，在进气行程开始时，缸内残余废气的压力会使进气歧管的真空度降低。如果排气阻塞严重，则会使发动机熄火。

2）压力表检查排气背压。使用压力表也可检查排气背压。将一个旧氧传感器去掉头部，并拧到氧传感器安装孔上，再将一小段制动系统的金属管插入旧氧传感器内部制成适配器。当发动机怠速运转时，排气背压应低于 10kPa。当发动机的转速达到 2500r/min 时，排气背压应低于 15kPa。

（3）温度检查

在达到工作温度的条件下，三元催化转化器才能将氮氧化物（NO_x）转化为氮气（N_2）和氧气（O_2），并将一氧化碳（CO）和炭氢（HC）氧化为二氧化碳（CO_2）和水（H_2O）。在这一系列化学反应中，三元催化转化器的温度至少要提升 10 %。

检查时，首先预热三元催化转化器。保持发动机转速在 2500r/min 最少 2min，使用红外线测温仪对三元催化转化器的进口和出口温度进行测量。

3.4.5 排气系统常见故障诊断

排气系统常见故障有排气系统堵塞、排气系统泄漏、排气系统噪声大等，故障原因和排除方法见表 3-4-1。

表 3-4-1　排气系统常见故障原因及排除方法

故障名	故障现象	可能原因	排除方法
排气系统堵塞	当发动机出现加速无力、油耗增高或加速不良等现象时，需要检查是否存在“排气系统堵塞”故障。使用排气背压表检测系统背压是否超过 55kPa	①排气管损坏 ②排气管内有碎屑 ③排气管或谐振器内部故障 ④排气管内部锈蚀后堵塞排气口	①更换或修理排气管 ②拆卸排气管，清除排气管内部碎屑 ③更换或修理相关组件 ④清除内部锈蚀，锈蚀情况严重的更换排气管
排气系统泄漏	如果发动机在运转时发出“嘶、嘶”的声音或者爆裂的声音，则需要检查是否存在“排气系统泄漏”故障	①排气系统部件错位或安装错误 ②排气歧管、涡轮增压器总成、三元催化转化器、排气管、中间消声器、后消声器等部位存在排气泄漏 ③下列密封件或衬垫泄漏 a. 排气歧管与气缸盖 b. 排气歧管与涡轮增压器 c. 涡轮增压器与三元催化转化器 d. 三元催化转化器与排气管 e. 中间消声器与后消声器 ④法兰连接处的接合面变形 ⑤排气歧管开裂或断开 ⑥排气系统部件焊接处泄漏	①重新安装并紧固到规定力矩。确保排气管吊钩在正确的位置且无松动 ②紧固或更换相关部件 ③更换泄漏的密封件或衬垫 ④维修或更换相关部件 ⑤更换排气歧管 ⑥更换泄漏的部件
排气噪声大	①排气系统发出爆裂声或“嘶嘶”声 ②排气噪声大	①排气泄漏 ②消声器损坏 ③排气管松动 ④三元催化转化器损坏	①排气泄漏，按“排气系统泄漏”故障排除方法操作 ②检查消声器总成是否损坏或出现故障，必要时更换消声器总成 ③检查吊钩是否弯曲或松动，隔热罩或紧固件是否松动。检查排气管是否产生干扰 ④使用橡胶锤敲击这些部件，确认噪声部位。检查有故障的三元催化转化器总成或消声器总成，必要时更换

3.4.6 进气增压系统

发动机进气增压装置的优势主要表现在以下几点：

① 当发动机需要输出大功率时提高进气压力。

② 在进、排气门叠开时，增压后的空气可以将燃烧室内的废气扫除得更干净。

③ 增压后的空气可以降低缸盖、活塞和气门的温度，延长其使用寿命。

④ 即使在高海拔地区，大气压力较低的情况下仍能保证足够的增压压力。

机械增压器由曲轴通过传动带驱动，利用内部的压气机将空气压缩后输送到发动机进气歧管。涡轮增压器依靠发动机排出的废气驱动，涡轮带动泵轮运转，对发动机进气进

行压缩。机械增压器输送的空气量取决于发动机的转速，一般可以将发动机的动力提升约 20%。

1. 机械增压

根据压气机工作原理的不同，机械增压器可分为离心式、罗茨式、螺旋式、滑片式和转子活塞式等类型。目前，汽车发动机上常用的增压器主要是离心式和罗茨式，其中罗茨式的应用最为广泛。

罗茨式双螺杆结构机械增压器主要由两个带有螺旋齿形叶片的螺杆式转子、主动齿轮、从动齿轮、进气旁通执行器及电磁阀等部件组成，如图 3-4-22 所示。两个螺杆的螺旋齿形叶片的渐开线为 60 °，并相互啮合。两个螺杆的前端分别装配主动齿轮和从动齿轮。主动齿轮与增压器驱动轮同轴相连并与从动齿轮相互啮合。增压器驱动轮与曲轴驱动轮通过传动带相连。

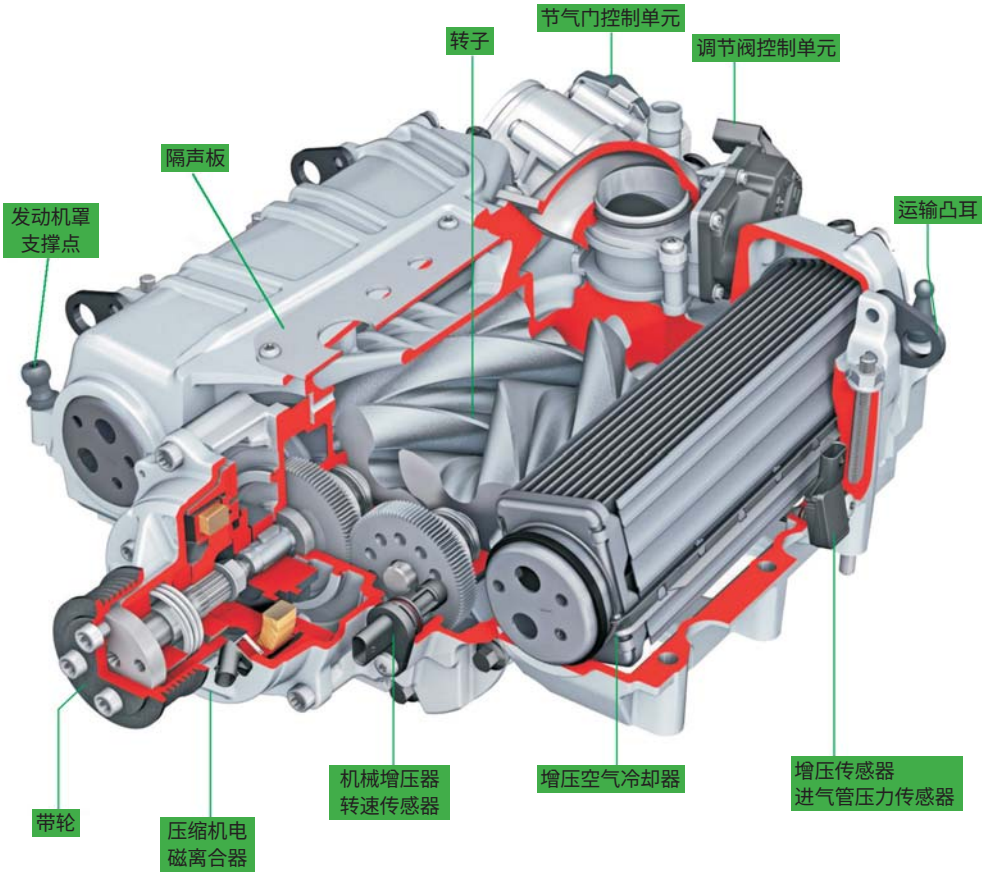


图 3-4-22　机械增压系统

2. 涡轮增压

涡轮增压器利用排气的能量来驱动涡轮转动，涡轮带动进气侧的泵轮对进气进行压缩。涡轮增压器不会像机械增压器那样消耗发动力动力，同时将排气能量充分利用起来，大大

提高了发动机的进气效率。

涡轮增压器包含由中间壳体连接的两个腔室，如图 3-4-23 所示。两个腔室内分别装有涡轮和泵轮，两个轮之间通过贯穿于中间壳体的轴连接。涡轮的腔室连通排气歧管，泵轮的腔室连通来自空气滤清器的进气软管。为得到最大的排气驱动力，涡轮增压器要尽量靠近发动机的排气歧管安装。当废气通过涡轮时，涡轮带动同轴的泵轮一起旋转，泵轮对来自空气滤清器的空气进行压缩，增压后的空气进入中冷器进行冷却，冷却后的空气通过节气门进入进气歧管。

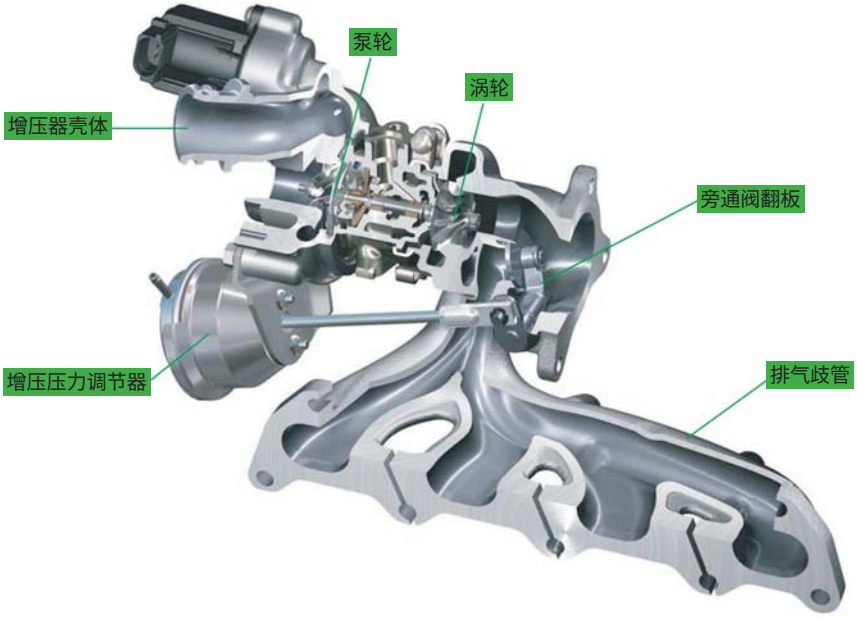


图 3-4-23　涡轮增压系统

3.4.7 进气增压系统维修要点

1. 涡轮增压器的拆卸

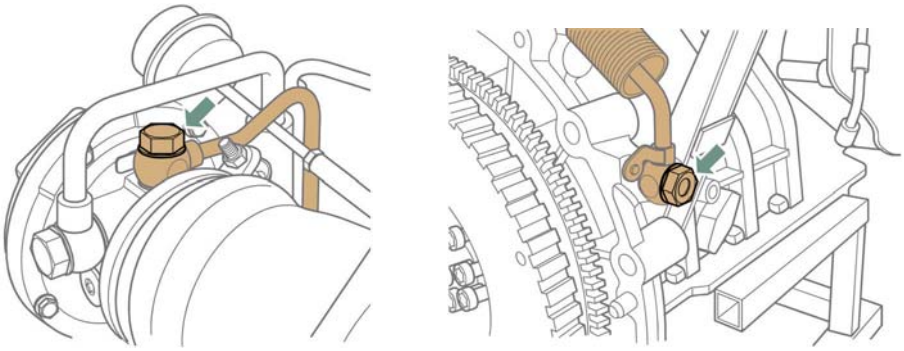
下面以吉利帝豪 GS 的 4G13TB 发动机为例介绍涡轮增压器的拆卸要点。

（1）拆卸增压器进油管

先使用扳手拆卸进油管与涡轮增压器间的紧固螺栓（图 3-4-24a），再拆卸进油管与气缸体间的紧固螺栓（图 3-4-24b），并取下增压器进油管。

注意：

复装时应更换油管密封垫。

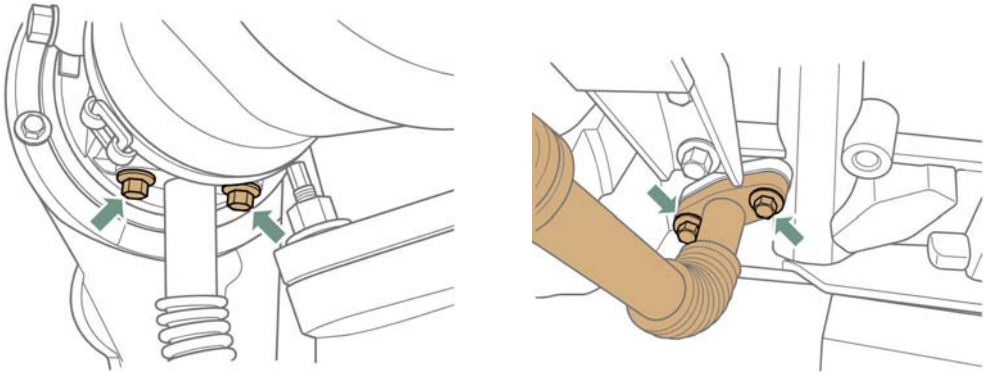


a)　　b)

图 3-4-24　拆卸增压器进油管

（2）拆卸增压器回油管

先使用扳手拆卸回油管与涡轮增压器间的紧固螺栓（图 3-4-25a），再拆卸回油管与气缸体间的紧固螺栓（图 3-4-25b），并取下增压器回油管。



a)　　b)

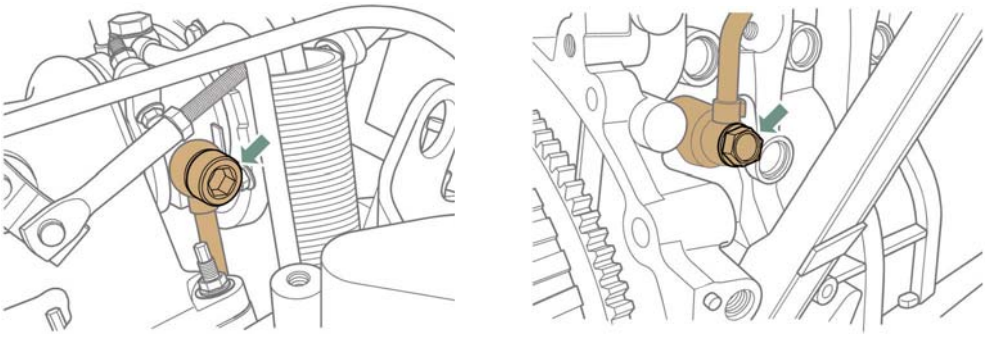
图 3-4-25　拆卸增压器回油管

注意：

复装时应更换油管密封垫。

（3）拆卸增压器进水管

先使用扳手拆卸进水管与涡轮增压器间的紧固螺栓（图 3-4-26a），再拆卸进水管与气缸体间的紧固螺栓（图 3-4-26b），并取下增压器进水管。



a)　　b)

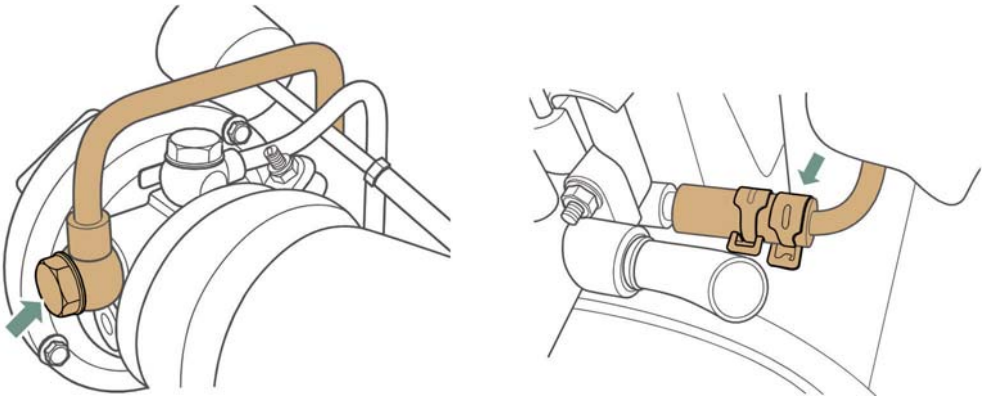
图 3-4-26　拆卸增压器进水管

注意：

复装时应更换油管密封垫。

（4）拆卸增压器回水管

先使用扳手拆卸增压器回水管与增压器间的连接螺栓（图 3-4-27a），再用卡箍钳松开增压器回水管连接软管的固定卡箍（图 3-4-27b），并取出增压器回水管。



a)　　b)

图 3-4-27　拆卸增压器回水管

（5）拆卸增压器

1）使用卡箍钳松开增压器连接软管、真空控制阀软管的固定卡箍，如图 3-4-28 所示。

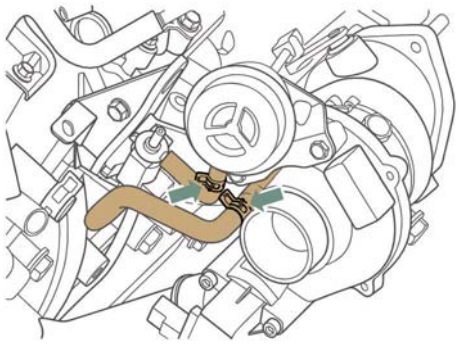
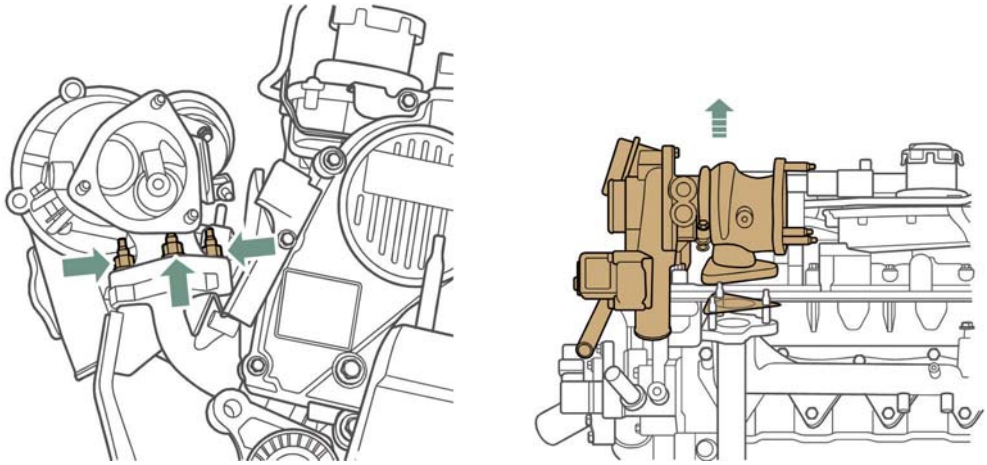


图 3-4-28　松开连接软管卡箍

2）拆卸增压器与排气歧管间的紧固螺栓（图 3-4-29a），并取出增压器、增压器垫片、增压器与排气歧管之间的垫片（图 3-4-29b）。



a）　　b）

图 3-4-29　拆卸增压器紧固螺栓并取下增压器

3.5 冷却系统

发动机工作中，最高燃烧温度可能高达 2500℃，即使在怠速或中等转速下，燃烧室的平均温度也在 1000℃以上。因此，与高温燃气接触的发动机零部件被强烈加热。若不及时将这些高温零件上的热量散发掉，则会出现以下现象：机油会因高温而变质，使发动机零件之间不能保持正常的油膜。受热零件由于热膨胀过大而破坏正常的间隙，摩擦力增大，妨碍机件的正常运动，甚至卡死或烧坏。温度过高促使金属材料的性能下降，导致零部件承受不了正常的载荷。因此，发动机必须具备合理的冷却系统，以确保其在适宜的温度范围内工作。良好的发动机冷却系统既可防止发动机温度过高，又能保证发动机冷起动时快速升温，使发动机获得良好的经济性和动力性，并减少排放。

3.5.1 冷却系统的组成

发动机冷却系统一般有风冷式与水冷式两种形式，汽车发动机大多采用水冷式冷却系统。汽车发动机的水冷系统均为强制循环系统，利用水泵提高冷却液的压力，强制冷却液在发动机冷却管路中循环流动。发动机冷却系统一般由散热器、冷却风扇、节温器、水泵、膨胀水箱（或储液罐）、冷却管路、气缸体和气缸盖中的水套及其他附属装置组成，如图 3-5-1 所示。

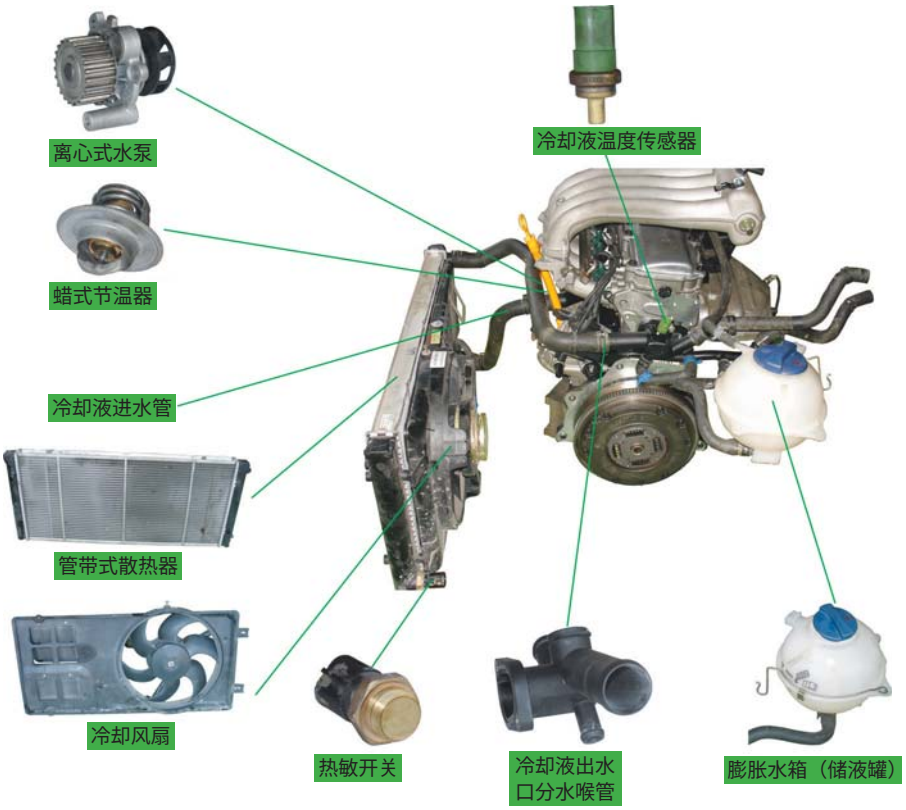


图 3-5-1 发动机冷却系统的组成

发动机冷却液有大、小两条循环路径，如图 3-5-2 所示。大循环即冷却液流经散热器的循环，气缸盖水套中的冷却液从节温器主阀门流向散热器，通过散热器冷却后流入水泵进水口，被水泵加压后流入气缸体水套，进而回到气缸盖水套。小循环即冷却液不流经散热器的循环，气缸盖水套中的冷却液从节温器旁通阀流向旁通管道，直接流入水泵进水口，被水泵加压后回到气缸体水套，进而回到气缸盖水套。大、小循环冷却液流量的比例由节温器控制。当气缸体水套中的冷却液温度较高时，节温器开度大，流向散热器的冷却液多，以防止发动机过热。当气缸体水套中的冷却液温度较低时，节温器开度小，流向散热器的冷却液少，以防止发动机温度过低。这样可以保证发动机始终保持在最佳的温度范围内工作。

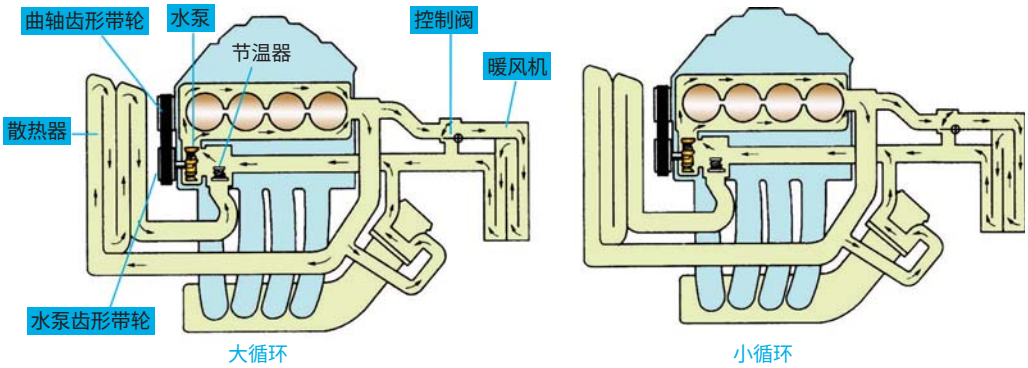


图 3-5-2　冷却液的大、小循环

散热器一般安装在车辆前部。车辆行驶时，迎面而来的低温空气不断流经散热器，带走冷却液的热量，确保散热效果良好。散热器多采用耐腐蚀、导热性能良好的铜、铝等材料制成。铝质散热器尺寸小、质量小，成本也较低，因此汽车厂商多采用铝质散热器。

膨胀水箱（储液罐）一般由透明塑料制成，以便于观察其内部冷却液的液位。膨胀水箱的主要作用是为冷却液提供膨胀和收缩的空间，同时作为冷却系统集中的排气点。因此，它的安装位置略高于其他冷却液通道。

冷却风扇通常安装在散热器后方。冷却风扇旋转时吸入空气，使其通过散热器，增强散热器的散热能力，加快冷却液的冷却速度，如图 3-5-3 所示。

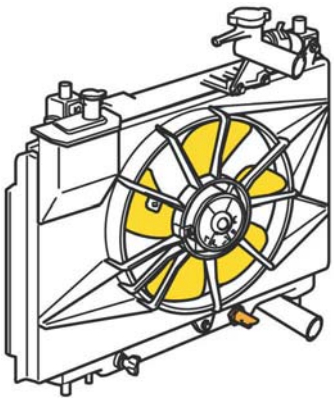


图 3-5-3　冷却风扇

节温器是控制冷却液流动路径的阀门，它根据冷却液的温度打开或关闭冷却液流向散热器的通道，如图 3-5-4 所示。发动机冷起动时，冷却液的温度较低，节温器将冷却液流向散热器的通道关闭，冷却液经水泵直接流回气缸体和气缸盖水套内，以使冷却液能迅速升温。当冷却液温度上升到一定值时，节温器将冷却液流向散热器的通道打开，冷却液经散热器降温后流回水泵。如果发动机不装节温器，使低温冷却液始终大循环，则会导致发动机不能迅速升温，长时间在低温下运行。

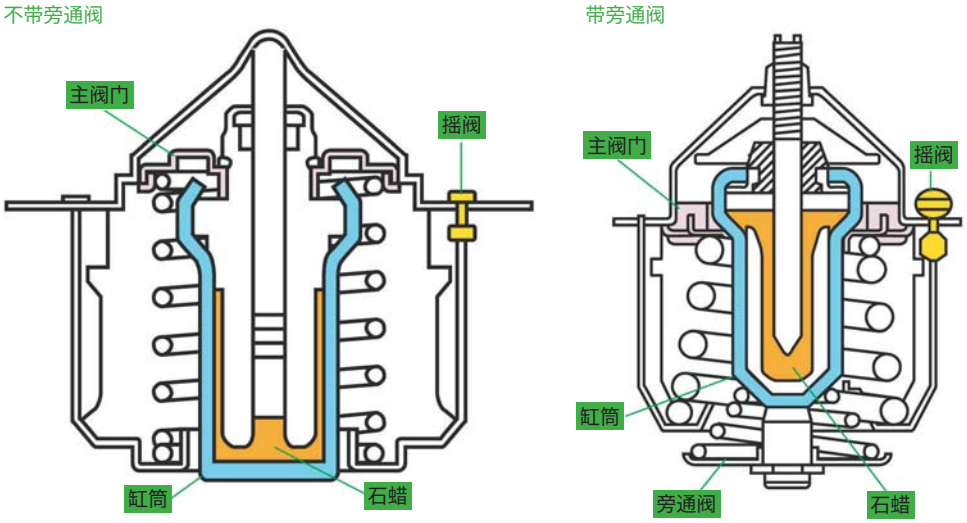


图 3-5-4 节温器

汽车发动机一般采用离心式水泵，其结构简单、尺寸小、排量大且工作可靠，如图 3-5-5 所示。离心式水泵由带冷却液进口和出口通道的壳体及叶轮等组成。叶轮轴由一个或多个密封轴承支承，轴承不需要润滑。使用密封的轴承，可以防止润滑脂泄漏及脏物和水的侵入。水泵壳体安装在发动机气缸体上，水泵叶轮固定在水泵轴上，水泵泵腔与气缸体水套相连。

图 3-5-5 水泵

水泵的作用是对冷却液进行加压，保证其在冷却系统中循环流动。

3.5.2 冷却系统维修要点

1. 水泵的拆卸与更换要点

冷却液的检查与更换

（1）排放冷却液

打开膨胀水箱盖，拆卸发动机冷却液放水阀，使用容器回收冷却液。

（2）拆卸传动带

使用扳手顺时针转动传动带张紧轮紧固螺栓，取下传动带，如图 3-5-6 所示。

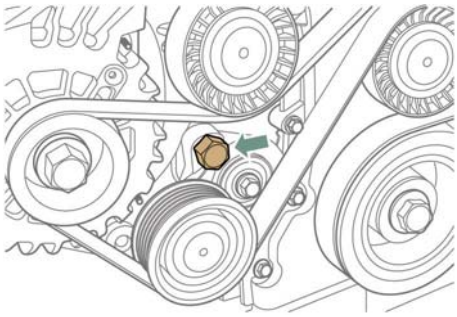
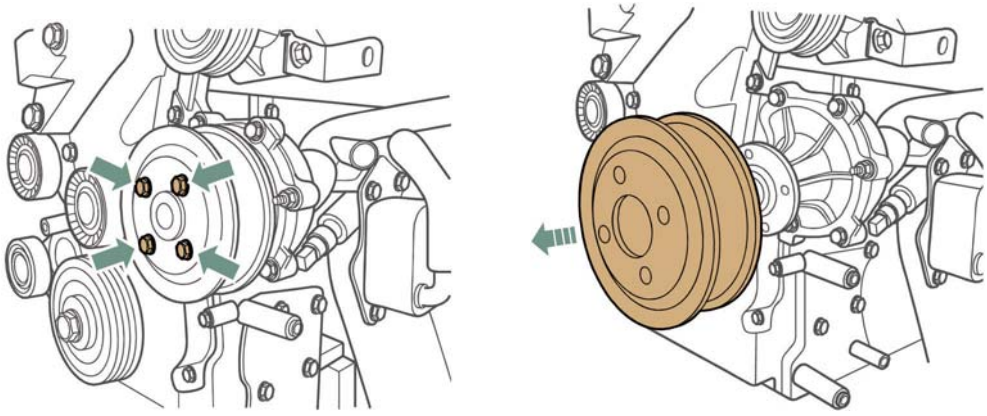


图 3-5-6　传动带张紧器的拆卸

（3）拆卸水泵传动带轮

部分车型在拆卸水泵时要先将水泵传动带轮拆下，才能拆卸紧固螺栓。

使用扳手拆卸水泵传动带轮的 4 颗紧固螺栓，取下传动带轮，如图 3-5-7 所示。

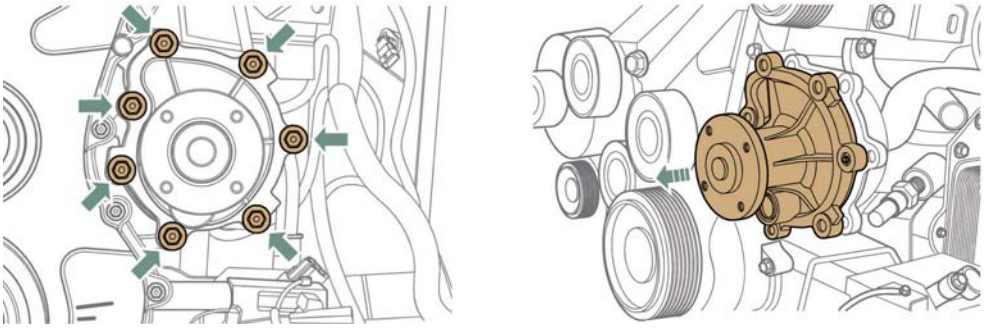


a)　　b)

图 3-5-7　拆卸水泵传动带轮

（4）拆卸水泵

如图 3-5-8 所示，使用扳手拆卸水泵的 7 颗紧固螺栓，取下水泵。



a)　　b)

图 3-5-8　拆卸紧固螺栓取下水泵

取下图 3-5-9 所示的水泵垫片，复装时应更换新垫片。

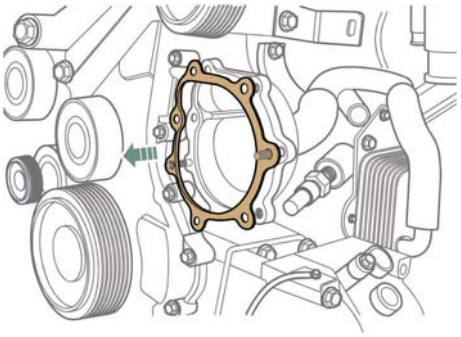


图 3-5-9　取下水泵垫片

2. 节温器拆卸与更换要点

1）排放冷却液，拆卸发动机进气管。

2）断开电子节温器线束插接器，如图 3-5-10 所示。

3）使用钳子拆卸图 3-5-11 中箭头指示的发动机出水管卡箍，并将出水管与节温器壳体断开。

节温器的检查与更换

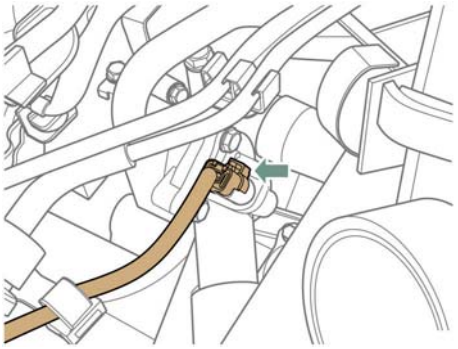


图 3-5-10　断开电子节温器插接器

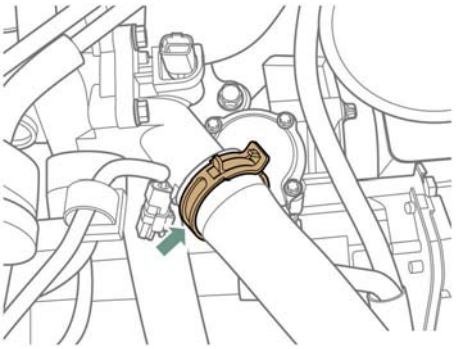
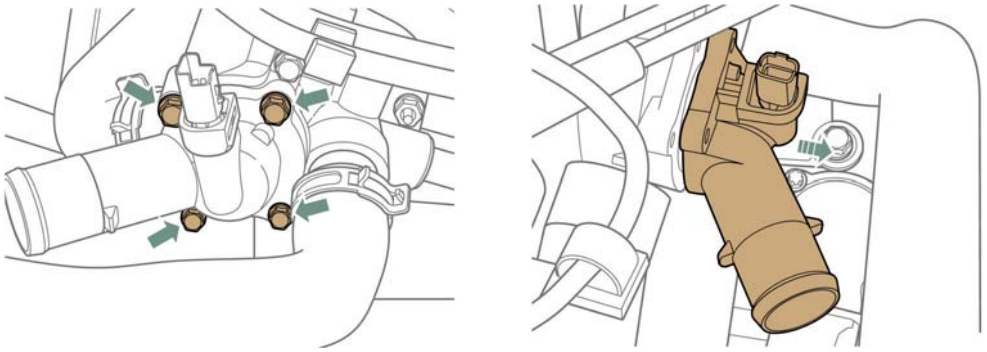


图 3-5-11　拆卸发动机出水管卡箍

4）拆卸图 3-5-12a 中箭头指示的 4 颗电子节温器紧固螺栓，并取下电子节温器。

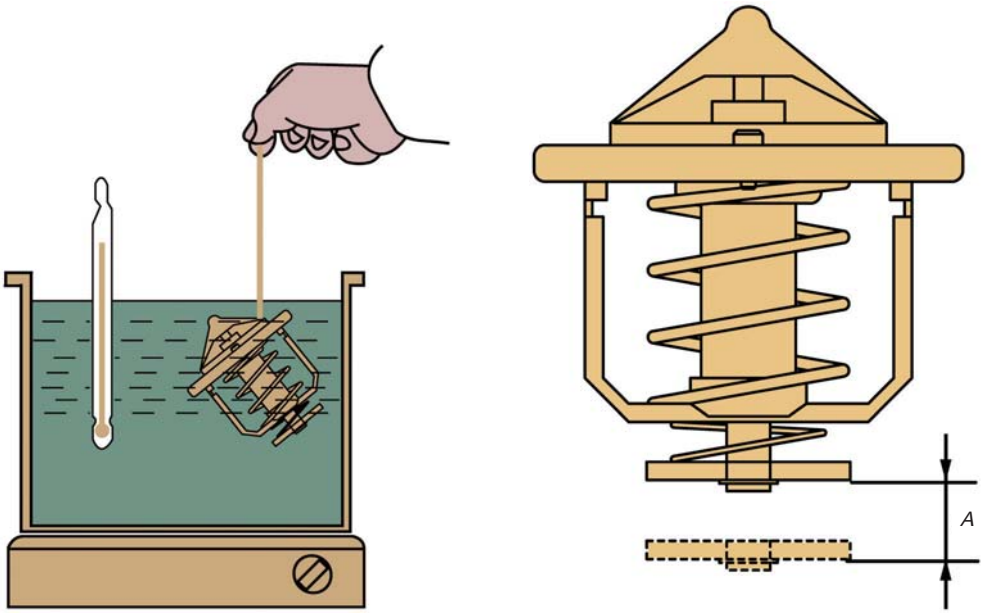


a）　　b）

图 3-5-12　拆卸紧固螺栓并取下电子节温器

3. 节温器的检查

如图 3-5-13a 所示，将节温器浸泡在水中，并将水加热，在水中放置温度计。当水温在 80~84 °C时，检查节温器是否开启，正常情况下节温器此时应开启。将水继续加热，温度达到 95°C时检查图 3-5-13b 所示的节温器阀门升程 *A*，正常状态下的节温器阀门升程 *A* 应不小于 8mm。



a)　　b)

图 3-5-13　节温器的检查

3.5.3 冷却系统常见故障诊断与排除

发动机冷却系统常见故障有发动机温度过高、发动机温度过低、冷却液泄漏、冷却风扇不转、冷却风扇转速低等。

1. 发动机温度过高、过低故障诊断

发动机温度过高和过低故障的现象、原因和诊断与排除方法见表 3-5-1。

表 3-5-1　发动机温度过高和过低故障诊断

故障现象		故障原因	诊断与排除
发动机温度过高	① 发动机大负荷低速运转时冷却液沸腾 ② 发动机大负荷工作时出现爆燃 ③ 汽车行驶无力	① 节温器泄漏或装反，冷却液只进行小循环 ② 冷却风扇转速上不去 ③ 冷却风扇作用时间过短 ④ 冷却风扇传动带过松 ⑤ 缸体水套内水垢过多 ⑥ 冷却液循环量过少 ⑦ 冷却液不足	① 检查冷却系统，看冷却液是否充足，冷却风扇传动带是否过松，冷却风扇转速是否达标 ② 检查节温器是否正常 ③ 检查冷却液循环量是否足够 ④ 如果冷却液温度不高就已沸腾，则说明气缸垫破损或气缸盖破裂

（续）

故障现象		故障原因	诊断与排除
发动机温度过高		⑧ 混合气过稀或过浓。混合气过稀燃烧速度慢，在做功行程中燃烧放出的热量增加，也会导致发动机过热 ⑨ 点火时刻过迟、过早都会引起发动机过热，燃烧室积炭过多、严重超载等也会造成发动机过热 ⑩ 气缸垫破损或气缸盖破裂，大量的高温气体进入冷却系统，也会导致发动机过热	⑤ 检查点火时刻是否正常，混合气浓度是否正常
发动机温度过低	发动机升温缓慢或工作温度过低	节温器损坏或温度显示系统故障	① 发动机起动运转 10 min 后，工作温度应达到 85 ~ 90 ℃，否则应检查冷却液温度表和冷却液温度传感器、节温器是否有故障 ② 检查冷却液温度传感器是否损坏，指示系统损坏对发动机工作影响不大。可以在发动机工作 10 min 后测量发动机温度，也可凭经验判断发动机实际温度以确定指示系统是否有故障 ③ 节温器调压阀损坏与发动机的工作温度有关。工作时间长，冷却液温度才能升高，工作时间短，冷却液温度升到 45 ℃后不再有大变化。检查节温器是否黏结卡滞在开启位置不能闭合，使冷却液始终进行大循环 ④ 检查发动机冷却液温度传感器是否工作不良，信号不准确，造成无快怠速、冷却风扇长时间高速工作等 ⑤ 在盛夏季节，发动机工作温度较高，有的驾驶人会拆除节温器以降温，这不是理想的办法，因为在城市短途运输中，它将延长发动机的加热时间，而长时间使用会影响发动机使用寿命并增加油耗 ⑥ 若节温器损坏则更换节温器。若温度传感器损坏则更换温度传感器

2. 冷却液泄漏故障诊断与排除

（1）故障现象

冷却液量不足引起发动机过热。

（2）诊断与排除

1）检视冷却软管是否破裂，卡箍是否松动。

2）检查水泵是否漏液，可用一根洁净木条伸到泄水孔处，木条上无水迹则说明水泵不漏液。

3）检查冷却系统内部是否漏液，拔出机油尺，若发现机油中有水，则气门室内壁或进气通道内壁有可能破裂漏液。

4）打开散热器盖，如果冷却液沸腾则说明气缸垫损坏或气缸盖变形。

5）检查散热器盖的排气阀是否松动。密封圈失效，密封不良。若冷却液容易从加水口

处飞溅出来，则说明散热器盖的排气阀失效。

6）查看散热器是否有渗漏，如果有水渍则一定有渗漏。

7）查看膨胀水箱是否有裂纹，膨胀水箱盖是否松动或密封不良。

3. 冷却风扇运转不正常故障诊断与排除

冷却风扇运转不正常故障现象包括冷却风扇不转、转速慢、运转时机不准等，诊断与排除方法见表 3-5-2。

表 3-5-2　冷却风扇运转不正常故障诊断与排除

故障现象		故障原因	诊断与排除
冷却风扇不转	冷却液温度表显示发动机过热，冷却风扇不转	风扇电动机故障、控制电路断路	起动发动机至冷却液温度达 80℃左右时，测量冷却风扇电动机插接器的接线端插头，电压应在 12 V 左右，无电压则检查熔断器或线路是否断路。电压小于 10 V 则说明电路连接松动、氧化等。电压正常则是电动机损坏。 更换电动机、检修电路
冷却风扇转速低	冷却液温度表显示发动机过热，冷却风扇转速低	冷却风扇电动机线圈匝间短路，控制电路产生附加电阻	① 测量电动机端电压与主电路电压差不大于 0.2V，否则检修电路各插头是否松动或氧化，电线电阻是否过大等 ② 在电路正常的情况下，通常是电动机线圈的绝缘漆老化、受潮，使其绝缘性能下降造成匝间短路 检测电路，更换电动机
冷却风扇运转时机不准	发动机过热或发动机升温过慢	冷却风扇控制电路故障	根据控制电路结构维修冷却风扇控制电路，通常检查温控开关或冷却液温度传感器 更换温控开关或冷却液温度传感器

3.6 润滑系统

发动机工作时，很多运动部件之间的间隙都非常小，例如曲轴主轴颈与主轴承，连杆轴颈与连杆轴承，凸轮轴轴颈与轴承，活塞、活塞环与气缸壁，配气机构各运动组件及传动齿轮组件等。虽然这些零部件的工作表面都经过精加工，但是它们的工作表面之间必然发生摩擦和磨损，这既消耗动力，阻碍零部件的运动，又使零部件发热，甚至可能导致其工作表面烧蚀。因此，发动机必须设计有润滑系统对摩擦部件进行润滑。

3.6.1 润滑系统的组成

典型的汽车润滑系统主要包括：建立机油压力和保证机油循环的机油泵、储存机油的油底壳、测量机油油位的机油尺、机油管路及发动机机体上加工的机油道组成的循环油路、限制最高机油压力的限压阀（限压阀可能集成于机油泵内）、防止杂质进入主油道的机油滤清装置、提供机油压力信息的机油压力指示灯等。有些发动机上还设置有机油冷却器、机油油位传感器等，如图 3-6-1 所示。

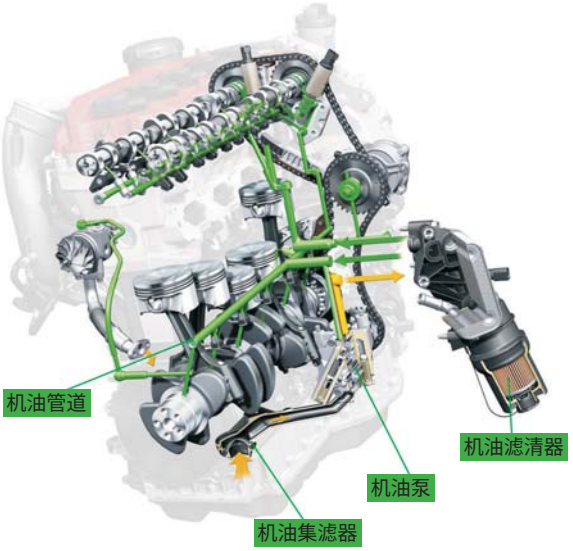


图 3-6-1 润滑系统的组成

（1）油底壳

油底壳也称机油盘，安装在发动机底部，主要用于储存机油，如图 3-6-2 所示。现代汽车发动机的油底壳一般采用铝合金铸造而成，以提高散热性能。油底壳底部安装有磁性的放油螺塞，以吸附机油中的铁屑，防止其进入主油道。有些发动机的油底壳中还安装有机油油位传感器。

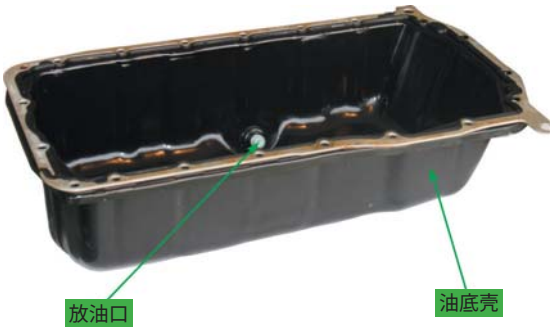


图 3-6-2 油底壳

（2）机油滤清装置

发动机润滑系统中常见的滤清装置有集滤器和机油滤清器。

1）集滤器。集滤器一般是滤网式，装在机油泵前，滤网位于油底壳中，吸油管与机油泵入口连接，如图 3-6-3 所示。它的主要作用是防止大颗粒杂质进入机油泵。

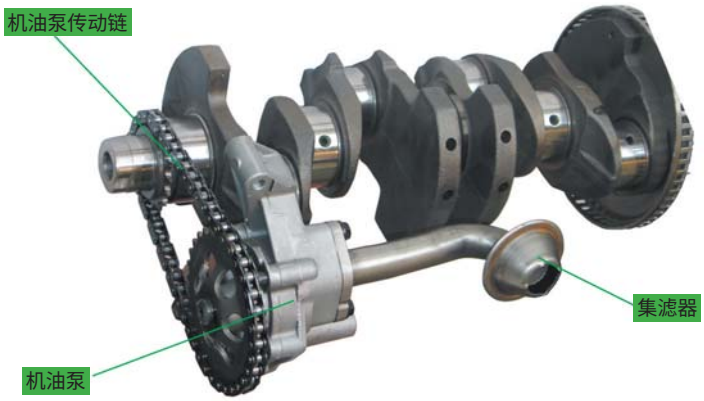


图 3-6-3　机油集滤器

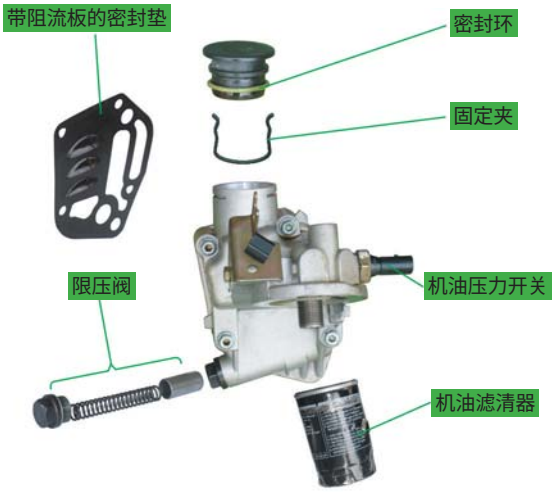
2）机油滤清器

机油滤清器多采用纸质滤芯，它能滤除微小杂质（直径小于 0.001 mm）和水分。机油在高压的作用下渗透入纸质滤芯，实现过滤，如图 3-6-4 所示。

常见的机油滤清器有整体式和分体式两种形式。整体式机油滤清器不可分解，维修时只能整体更换。分体式机油滤清器只需要更换内部滤芯。机油滤清器通常与机油一同更换。

注意：

整体式机油滤清器一旦拆卸（或拧松），就必须更换，否则机油滤清器处容易出现泄漏。



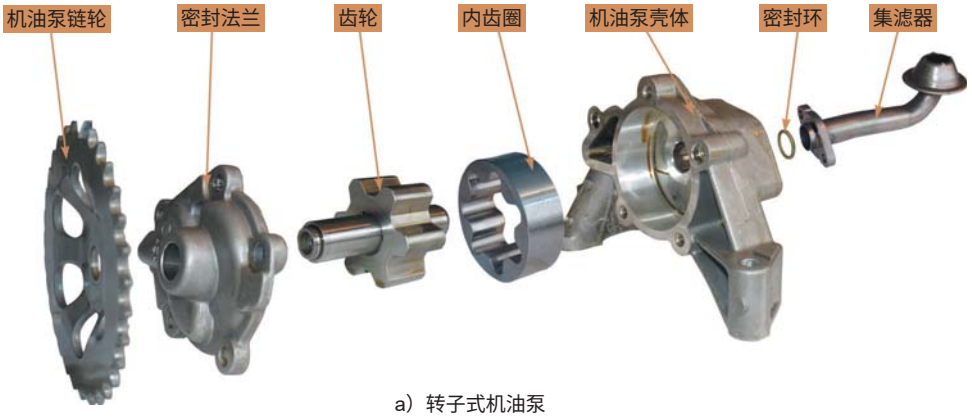
分体式机油滤清器

图 3-6-4　机油滤清器

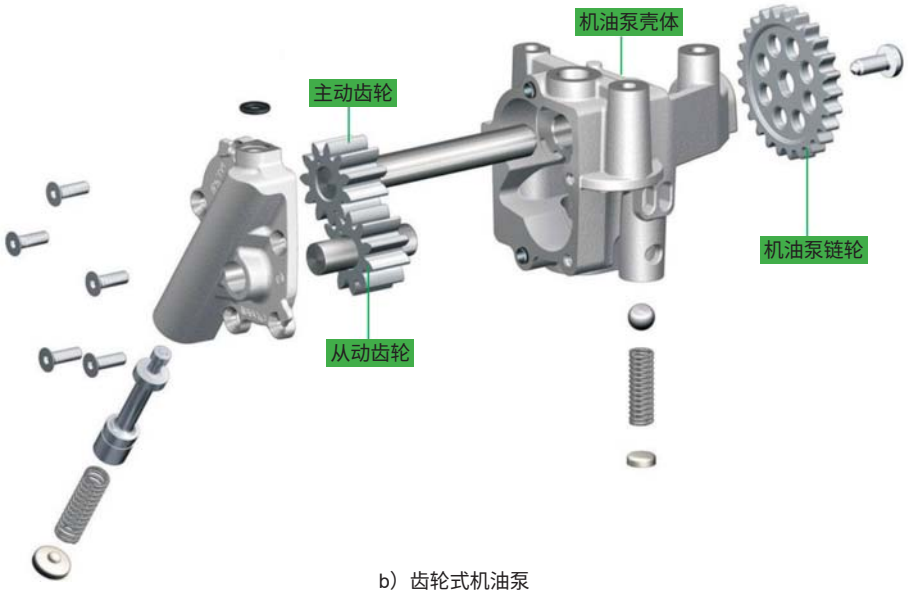
（3）机油泵

机油泵的作用是给主油道提供压力适当的足量机油，保证机油在润滑系统内循环流动。

根据机油泵的结构形式不同，通常分为转子式（图 3-6-5a）和齿轮式（3-6-5b）两类，齿轮式机油泵又分为内接齿轮式和外接齿轮式两种，通常把后者称为齿轮式机油泵。



a）转子式机油泵



b）齿轮式机油泵

图 3-6-5　机油泵结构

3.6.2 润滑系统的维修要点

1. 机油及其滤清器的更换

机油的更换

更换机油时，需要将汽车举升到适合操作的高度，举升前要打开机油加注口盖。为防止异物通过机油加注口进入发动机，需要用干净的布将其遮盖住，然后进行下列操作。

（1）预热发动机

1）把汽车停在平整的地面上，起动发动机，进行发动机暖机。

2）关闭发动机，拉紧驻车制动器，打开汽车发动机舱盖和机油加注口盖。

（2）举升汽车

1）将汽车停靠到位，放置举升托臂。

2）操纵举升机举升汽车。车轮离开地面时停止举升，以一定的力量按动车身前后部，检查车身是否稳固。

3）在车身稳定的情况下，继续操纵举升机，将汽车举升到适合操作的高度。

（3）排放机油

1）清除地面上的水和油，防止打滑，影响安全操作。

2）如图 3-6-6 所示，拧下机油放油螺塞。如图 3-6-7 所示，将废弃机油排入一个专用容器中。此时，要特别注意防止热机油将手烫伤，还要放置好容器，防止漏油。

图 3-6-6　拧下机油放油螺塞

图 3-6-7　收集废弃机油

（4）更换密封垫

（5）更换机油滤清器

1）用机油滤清器扳手拆卸机油滤清器，如图 3-6-8 所示。

2）检查并清洗气缸体与机油滤清器的安装表面。

3）检查新机油滤清器的零件号是否与旧机油滤清器相同。

图 3-6-8　拆卸机油滤清器

4）使机油滤清器吸足机油，如图 3-6-9 所示，再将机油涂抹在新机油滤清器的 O 形环上。

5）用手把新机油滤清器拧到机油滤清器支座上，直到 O 形环与安装表面接触，用机油滤清器扳手把滤清器再拧紧 3/4 圈。注意识别 O 形环与安装表面的初始接触位置。

图 3-6-9　涂抹机油到 O 形环上

（6）加注机油

1）从发动机机油加注口注入规定牌号的机油，直至油位达到机油尺上的满油位标记处。

2）盖上机油加注口盖，使发动机怠速运转 5min 后熄火。等待 3min 后拔出机油尺，检查油位是否正常。

2. 机油泵的拆卸要点

下面以吉利帝豪 GS 的 4G13TB 发动机为例介绍机油泵的就车拆卸要点。

1）举升车辆，排净机油，拆卸油底壳。

2）拆卸机油集滤器紧固螺栓，取下机油集滤器总成及螺栓。

3）拆卸发动机油底壳调节板紧固螺栓，取出发动机油底壳调节板，并放下车辆。

4）使用卧式千斤顶支撑住变速器总成，拆卸发动机左侧悬置支架。

5）拆卸传动带。

用扳手顺时针转动传动带张紧轮紧固螺栓，取下传动带，如图 3-6-10 所示。

6）拆卸正时链罩。

① 如图 3-6-11 所示，拆卸发动机前支架上的紧固螺栓，并取下前支架。

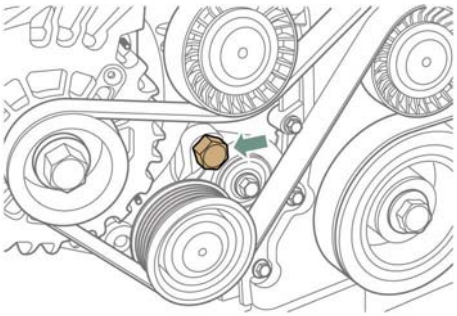


图 3-6-10　拆卸传动带

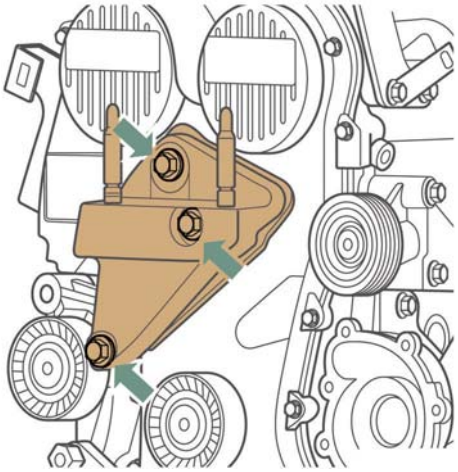
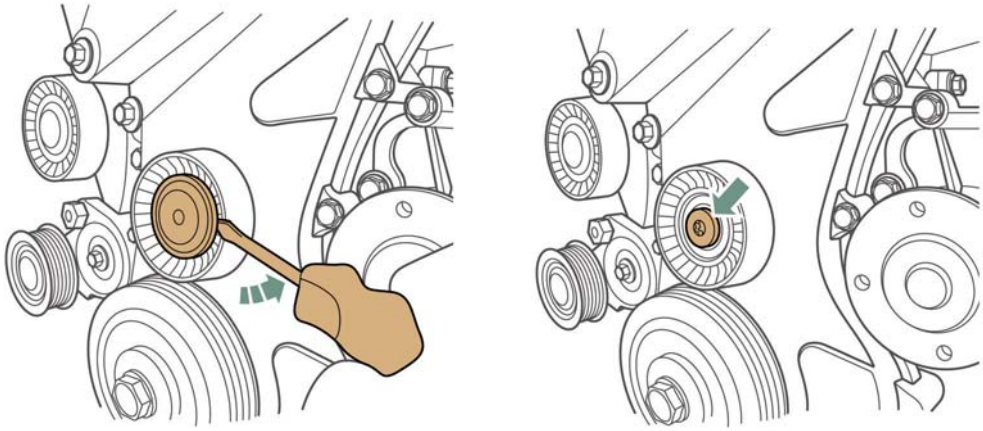


图 3-6-11　拆卸发动机前支架

② 拆卸水泵传动带轮固定螺栓，并取下带轮。

③ 拆卸图 3-6-12 所示的中间惰轮防尘盖板，并拆下惰轮紧固螺栓，取下惰轮。



a)　　b)

图 3-6-12　拆卸惰轮防尘盖和紧固螺栓

④ 拆卸曲轴减振带轮锁紧螺栓，取下曲轴减振带轮。

⑤ 拆卸油底壳上壳体与正时链罩的紧固螺母和螺栓。拆卸正时链罩与气缸体的紧固螺栓和螺母，如图 3-6-13 所示。使用螺钉旋具轻轻撬动正时链罩，取下正时链罩，如图 3-6-14 所示。

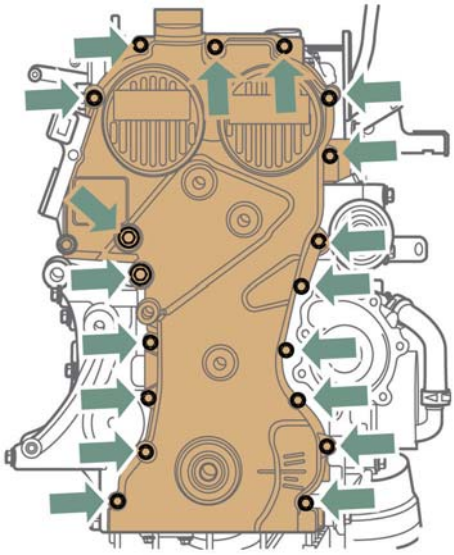


图 3-6-13　拆卸紧固螺栓和螺母

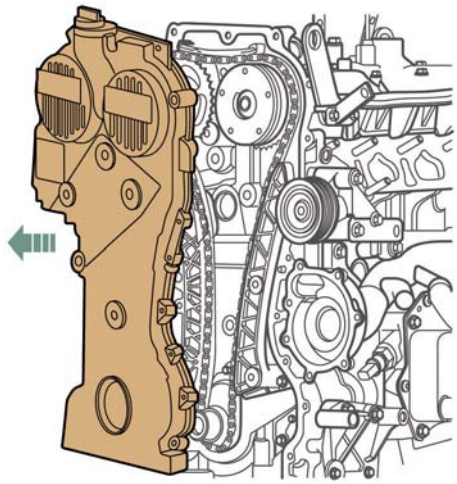
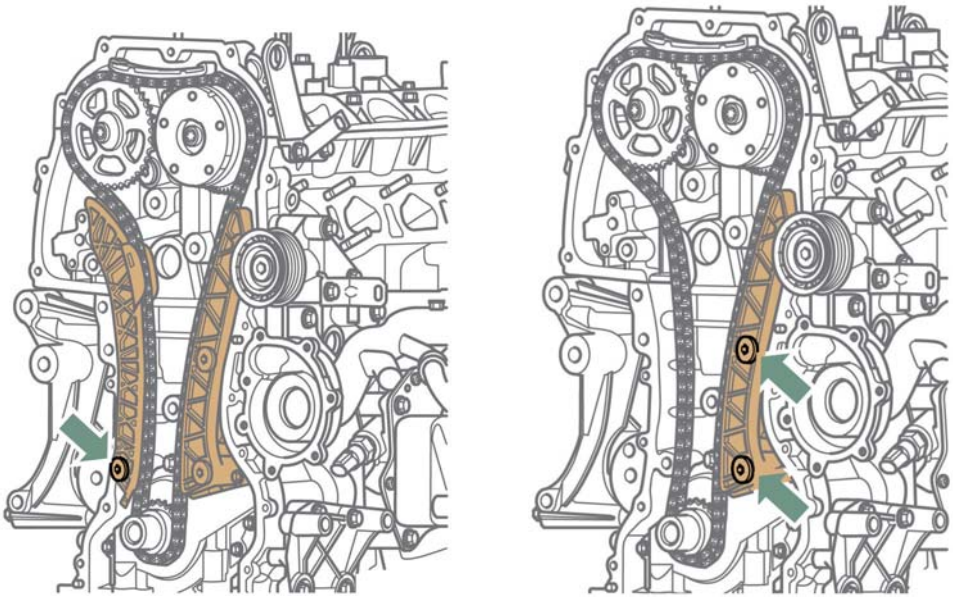


图 3-6-14　取下正时链罩

7）拆卸正时链。

① 拆卸正时链张紧轨组件上的紧固螺栓（图 3-6-15a），取下正时链张紧轨组件。拆卸另外一侧正时链导向轨上的 2 颗紧固螺栓（图 3-6-15b），取下正时链导向轨。



a)　　b)

图 3-6-15　拆卸正时链张紧轨和导向轨

② 拆卸图 3-6-16 所示的两个凸轮轴正时链轮中间的正时链导向轨组件紧固螺栓，取下正时链导向轨。

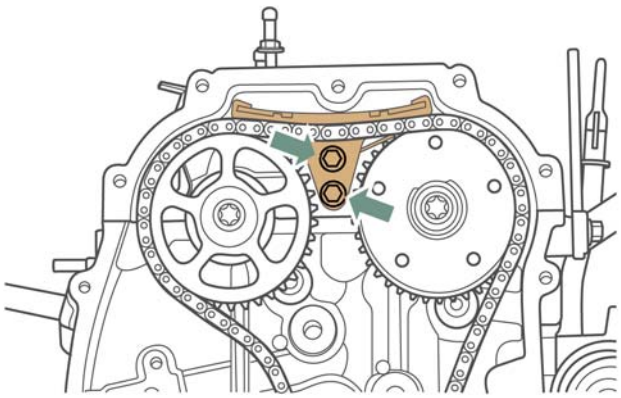


图 3-6-16　拆卸导向轨

③ 取下已松弛的正时链

8）拆卸机油泵。拆卸图 3-6-17 所示 5 颗机油泵紧固螺栓，并取下机油泵和机油泵垫。

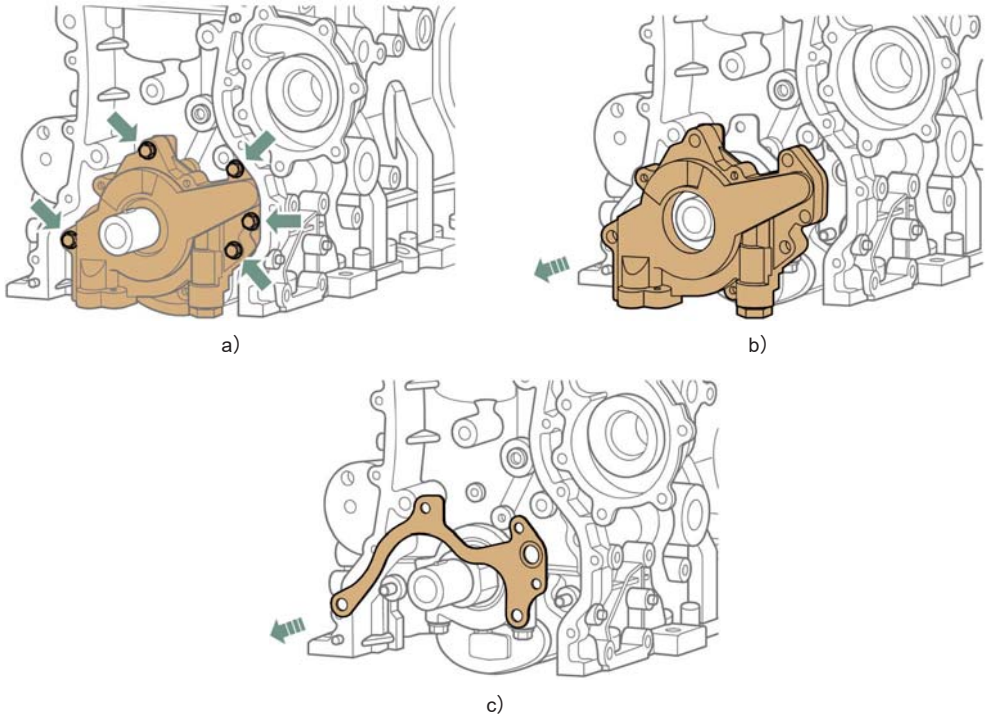


图 3-6-17　拆卸紧固螺栓并取下机油泵

3. 机油泵的检查

（1）内外转子径向间隙检查

如图 3-6-18 所示，使用塞尺测量机油泵内转子和外转子之间的径向间隙。

标准值：0.05~0.15mm

维修极限：0.25mm

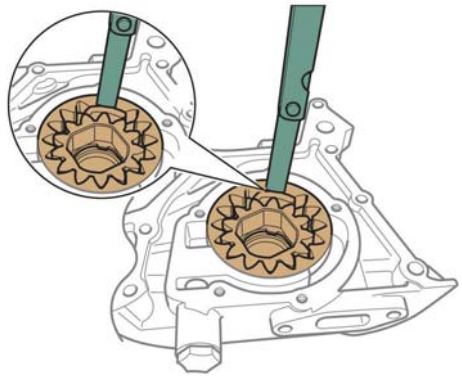


图 3-6-18　机油泵内外转子径向间隙检测

注意：

以上为广汽 4B16K1 型 1.6 L 发动机数据，其他车型请参见相关维修资料。

如果内外转子的径向间隙超出维修极限，则应更换机油泵总成。

（2）泵壳体安装面与转子之间的轴向间隙检查

如图 3-6-19 所示，使用精密直尺和塞尺测量转子与泵壳体安装面之间的轴向间隙。

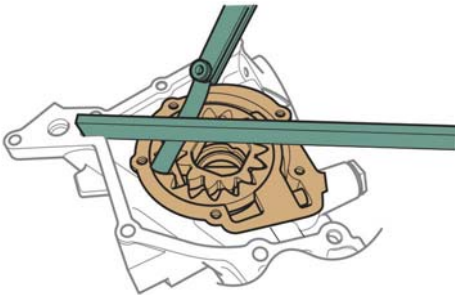


图 3-6-19　泵壳体安装面与转子之间的轴向间隙测量

标准值：0.03~0.10mm

维修极限：0.20mm

注意：

以上为广汽 4B16K1 型 1.6 L 发动机数据，其他车型请参见相关维修资料。

（3）外转子与泵壳体之间的径向间隙检查

如图 3-6-20 所示，使用塞尺检查机油泵外转子和机油泵壳体之间的径向间隙。

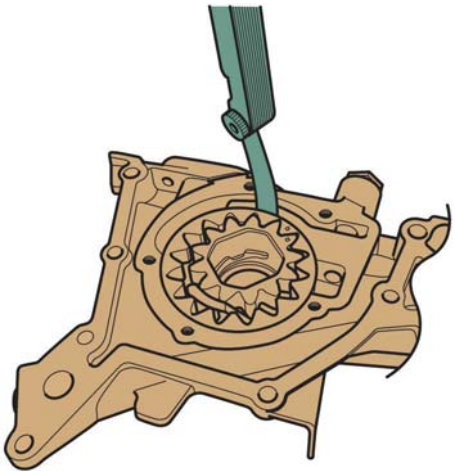


图 3-6-20　机油泵外转子与泵壳体径向间隙检查

标准值：0.23~0.322 mm
维修极限：0.45 mm

注意：

以上为广汽 4B16K1 型 1.6 L 发动机数据，其他车型数据请参见相关维修资料。

（4）机油的压力测试

机油压力是保障发动机正常运转的基础，它不仅影响着各运动部件的润滑效果，还关系到 VVT 系统（液压式）液压挺柱等的正常工作，因此机油压力测试是发动机检查的重要项目。进行机油压力测试时，通常在机油压力开关处安装机油压力表。机油压力测试的步骤如下：

① 将车辆停驻在水平地面上，等待 2~3min，使机油回流，并查看机油油位是否过低。
② 起动发动机预热，并确认机油压力表或指示灯没有显示压力低或无压力。
③ 将点火开关置于“ OFF ”位。
④ 拆下机油压力开关或一个发动机缸体机油感应塞。
⑤ 安装适配器和机油压力表并测量机油压力。
⑥ 起动发动机，比较实际读数与标准值。

（5）机油泄漏检查

发动机的很多部位都可能出现机油泄漏现象。机油泄漏大致可分为内部泄漏和外部泄漏两种。

① 内部泄漏主要是内部间隙过大所致，例如曲轴与轴承的间隙、凸轮轴与轴承的间隙、机油泵的内部间隙等过大，可通过机油压力的测试来判断是否存在泄漏。

② 外部泄漏主要是外部密封损坏所致，例如油封泄漏、机油油道连接处松动等，可采用目视法检查外部泄漏。

3.6.3 润滑系统常见故障诊断与排除

润滑系统常见故障有机油压力过高或过低、机油消耗量过大、机油变质等。

1. 机油压力过高或过低

机油压力过高或过低故障诊断与排除方法见表 3-6-1。

2. 机油消耗量过大

（1）故障现象

1）发动机功率下降，排气管冒蓝烟。
2）机油消耗量严重超标，轿车大于 0.05L/100km。

表 3-6-1　机油压力过高或过低故障诊断与排除

故障现象		故障原因	诊断与排除
机油压力过高	机油压力超过 0.4MPa；机油警告灯闪亮且伴有蜂鸣声	① 机油黏度过大 ② 限压阀调整不当 ③ 缸体或缸盖油道堵塞 ④ 机油压力传感器失准 ⑤ 机油滤清器堵塞，且旁通电磁阀打不开	① 检查机油等级是否符合使用要求，不符合则更换合适机油 ② 检查高压开关是否失效，若失效则更换开关 ③ 检查机油限压阀是否失效，如果失效则更换限压阀 ④ 检查机油滤清器是否堵塞，旁通阀是否失效，如果异常则更换滤清器并疏通旁通阀 ⑤ 拆检发动机，检查缸体或缸盖油道是否堵塞，检查曲轴和连杆轴承间的间隙是否过小
机油压力过低	仪表板上机油压力警告灯闪烁并伴有蜂鸣声	① 机油油面过低 ② 机油压力传感器故障 ③ 机油泵损坏或内部零件磨损 ④ 机油黏度低或被稀释 ⑤ 机油泵限压阀失效或弹簧过软 ⑥ 发动机曲轴、连杆、凸轮轴等轴承间隙过大 ⑦ 机油集滤器滤网被胶状物堵塞；机油泵内形成空气间隙，失去泵油功能	① 检查机油油面高度，若油面过低则添加机油 ② 检查机油压力开关，若损坏则更换 ③ 拆检机油泵，若机油泵磨损则更换磨损零件 ④ 检查曲轴轴承等处的配合间隙，若间隙正常则查找发动机壳体泄漏部位，若间隙不正常则修理间隙过大的轴承

（2）故障原因

机油消耗量超标，一般为密封圈或衬垫失效导致渗漏或气缸磨损过度所致。

1）活塞、活塞环与气缸壁严重磨损，使配合间隙过大。

2）活塞或气缸拉伤。

3）活塞环（特别是油环）弹性差。

4）活塞环与环槽的边隙、侧隙过大。

5）活塞环被积炭卡死或对口。

6）扭曲环装反。

7）气门杆与导管配合间隙过大或油封失效。

8）密封垫（圈）破损、变形、腐烂、老化造成密封不良后漏油。

（3）诊断与排除

起动发动机预热至正常工作温度：

1）怠速运转 5min，拆检各缸火花塞。若某缸火花塞中心电极上沾有油污（机油），则表明该气缸窜油。

2）无负荷高速运转发动机，若排气管冒蓝烟，而机油加注口不冒蓝烟，则表明气门导管渗油。

3）发动机高速运转，若排气管冒蓝烟，机油加注口也脉动冒烟，则表明活塞环配合间隙过大。

4）用气缸压力表检测气缸压力以确定气缸是否密封良好。
5）检查发动机外部是否漏油，若漏油则排除漏油故障。
6）检查气门油封是否损坏，若油封损坏则更换油封。
7）检查气门与导管的配合间隙，若间隙过大则更换气门或导管。
8）拆检发动机，检查活塞与气缸的配合间隙。检查活塞环是否失效或气缸是否拉伤。

3. 机油变质

（1）故障现象

机油颜色变黑，含水分的机油呈乳浊状且有泡沫。

（2）故障原因

1）机油使用时间过长，在高温作用下，机油氧化和炭化过程加快，逐渐变质。
2）活塞和气缸间隙变大，活塞环漏气，燃油下泄量大，稀释了机油。
3）气缸垫密封不严或缸体有裂纹、砂眼等，造成冷却液漏入曲轴箱，使机油和冷却液混合后乳化。
4）曲轴箱通风不良，机油中混杂有废气中的燃油，使机油变质。
5）机油滤清器堵塞，机油未经过滤而直接通过旁通阀，润滑短路，造成机油内杂质过多。机油泵磨损，供油能力下降。

（3）诊断与排除

1）检查机油中是否含有水分，再检查冷却系统，例如气缸体等部件是否有裂缝。
2）取机油样品数滴，滴在滤纸上，若其扩散的油迹为中心黑色且杂质多，则说明机油已变质。
3）用手捻取样机油，失去黏稠感，说明机油内混有燃油。应检查曲轴箱通风是否良好，活塞的漏气量是否超标，检查机油滤清器是否失效及油道是否堵塞。

3.7 燃油供给和喷射系统

目前，汽车发动机都采用电子控制燃油喷射系统（简称电控燃油喷射系统）。电控燃油喷射系统将燃油直接喷射到进气歧管或气缸内，且能在不同工况下精确控制和调整喷油量，满足车辆动力需要和环保法规的要求。

3.7.1 燃油供给系统

1. 燃料供给系统的功用

燃料供给系统的功用是不断输送经滤清的燃油，与进气系统配合，根据发动机工况的要求，配比出一定量和浓度的可燃混合气，进入气缸燃烧。同时，燃料供给系统还需要储存一定量的燃油，以保证汽车有足够的行驶里程。

2. 燃油供给系统的组成

电控燃油供给系统包括燃油箱、燃油泵、燃油滤清器、进油管、回油管、燃油导轨、喷油器和燃油压力调节器等部件，如图 3-7-1 所示。这些部件均直接影响喷射系统的喷油控制精度。

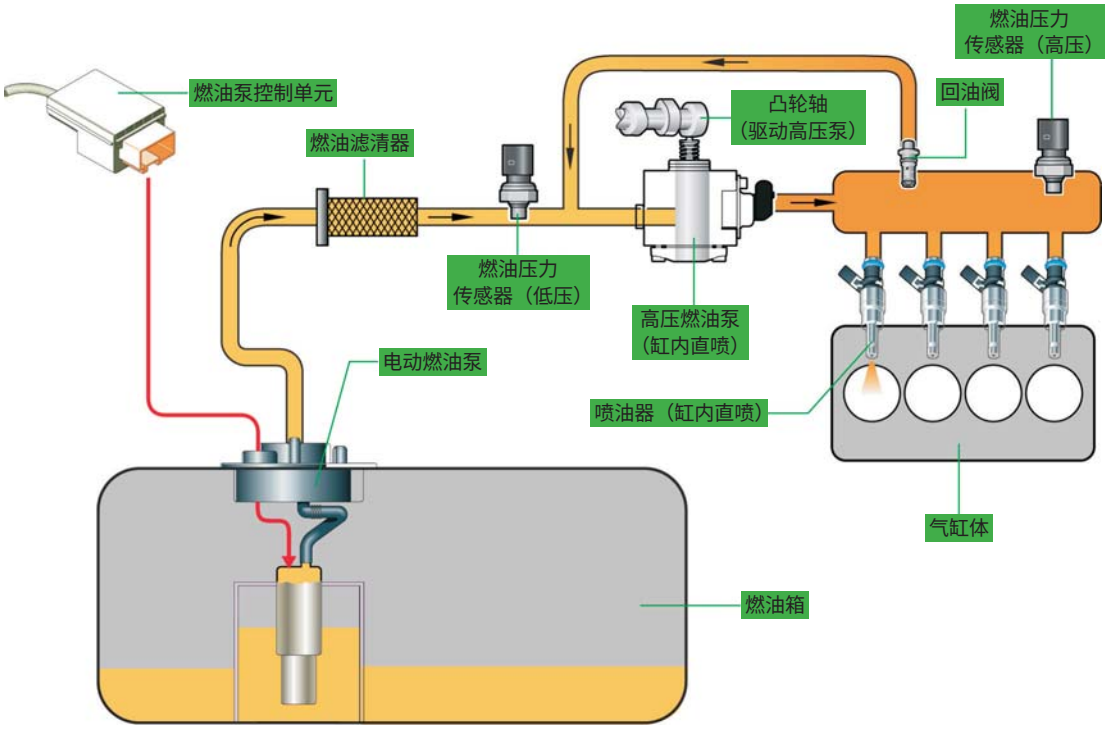


图 3-7-1　燃油供给系统组成图

（1）燃油箱

燃油箱用于存储燃油，通常由防腐金属或聚乙烯制成，如图 3-7-2 所示。燃油箱一般安装在底盘后部靠近后桥的位置。发生交通事故时，车架纵梁和车身能有效地保护燃油箱。

（2）燃油泵

目前，汽油发动机大多采用电动燃油泵。电动燃油泵由小型电动机驱动，如图 3-7-3 所示。它将燃油泵入输油管，并建立燃油压力。电动燃油泵分为滚柱式（含叶片式）、涡轮式和变排量式。目前，大多数车辆使用滚柱式（含叶片式）或涡轮式电动燃油泵，少数车辆使用变排量式电动燃油泵。涡轮式电动燃油泵相比滚柱式电动燃油泵工作转速更高，噪声更低。变排量式电动燃油泵可根据发动机的工况改变泵油量，节约了燃油，同时也有助于延长燃油泵的使用寿命。

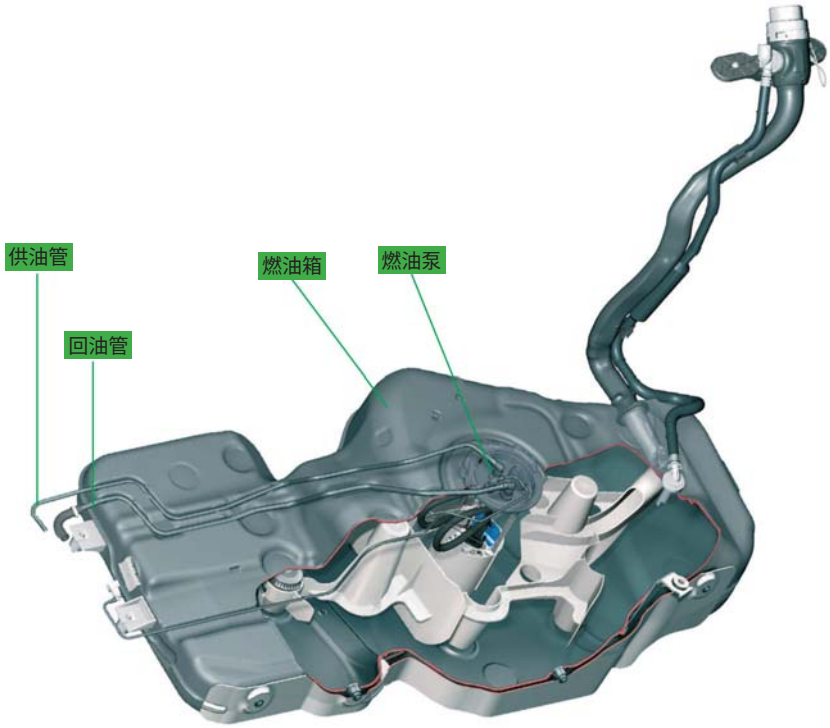


图 3-7-2　燃油箱

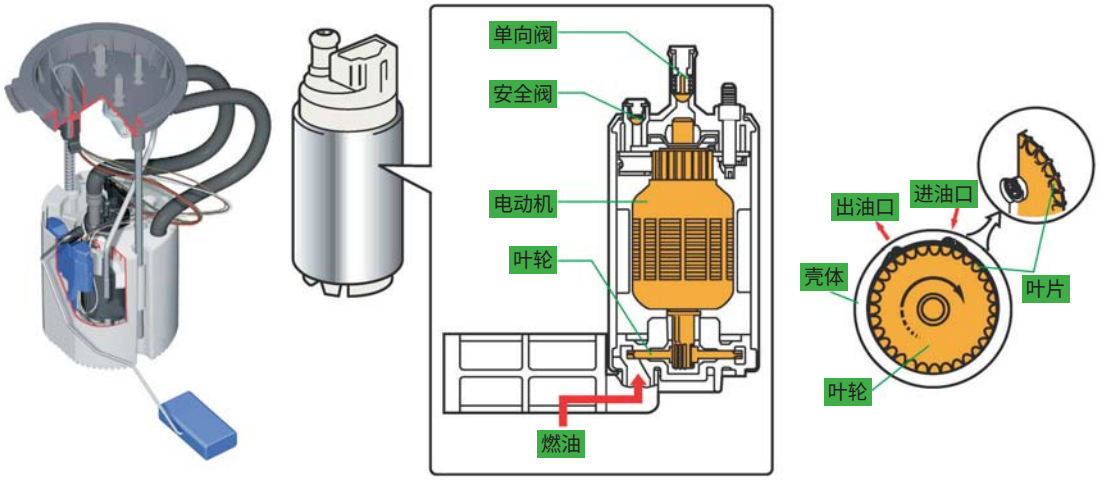


图 3-7-3　电动燃油泵结构（叶片式）

（3）燃油滤清器

燃油滤清器安装在燃油泵与燃油导轨之间的进油管中，如图 3-7-4 所示。它可有效过滤燃油中的灰尘、碎屑、水分等杂质，防止它们进入燃油导轨堵塞喷油器。燃油滤清器由滤芯和壳体组成。壳体一般用金属或塑料制成，滤芯一般是纸质的。

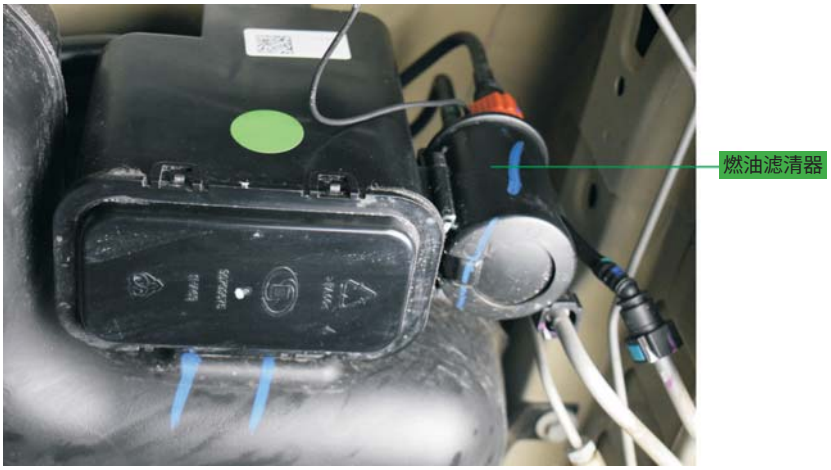


图 3-7-4　燃油滤清器安装位置

（4）燃油压力调节器

发动机燃油供给系统通过燃油压力调节器来稳定喷油压力（即燃油导轨内部油压与进气歧管真空度的压力差），如图 3-7-5 所示。电控燃油喷射系统通过控制喷油器的喷油时刻和喷油时长就可精确控制喷油量。燃油压力调节器分为真空式和恒压式两种。

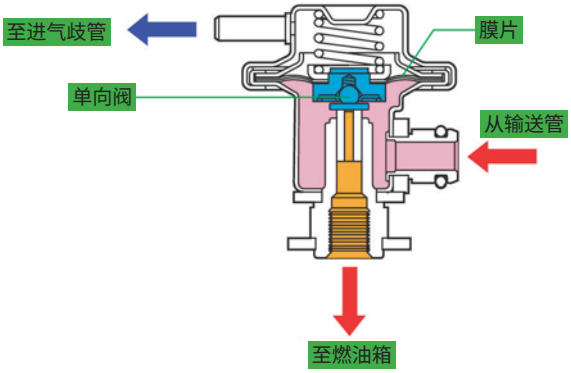


图 3-7-5　燃油压力调节器

3.7.2 燃油喷射系统

1. 喷射系统的组成

电控燃油喷射系统由发动机控制模块（ECM）、传感器和执行器三大部分组成，如图 3-7-6 所示。ECM 是发动机控制系统的核心部件，它包含若干个子控制系统，燃油喷射控制系统是其中之一。ECM 通过采集和处理空气流量传感器或进气压力传感器及其他相关传感器发送的信息，计算出在该工况下发动机所需的即时喷油量，然后向执行器（主要是喷油器）发出喷油指令。同时，ECM 通过氧传感器提供的信息来及时修正喷油误差，实现最佳的喷油控制。

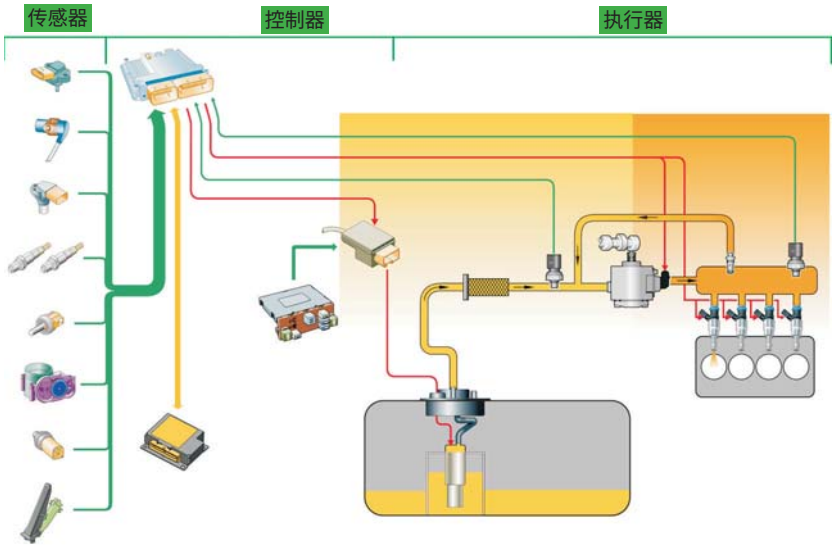


图 3-7-6　电控燃油喷射系统的组成

（1）高压油泵

直喷发动机的高压油泵集成了电磁式压力调节阀。高压油泵为单腔柱塞泵，凸轮轴上的凸轮驱动柱塞做往复运动，将低压燃油压缩为高压燃油。压缩后的燃油压力可达 20MPa，如图 3-7-7 所示。

ECM 根据凸轮轴位置传感器信号和曲轴位置传感器信号控制电磁式压力调节阀的开闭周期，并使其与凸轮的三个凸角位置同步，以调整高压油泵在各柱塞行程中向高压油轨泵油的时间，从而实现高压油轨中燃油压力的可变控制。

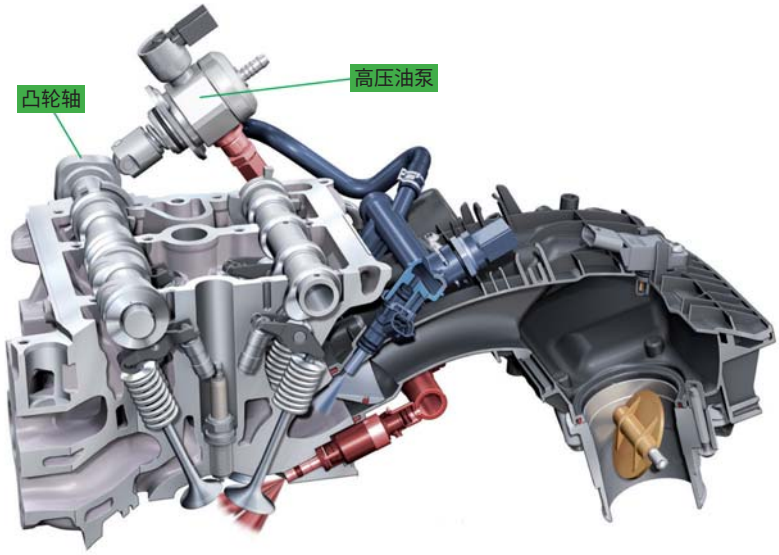


图 3-7-7　高压油泵

（2）高压油轨总成

高压油轨总成安装在气缸盖上，其上安装有喷油器和高压燃油压力传感器。高压油轨储存高压油泵输送的燃油，并将高压燃油分配给各喷油器，保证各喷油器的燃油压力均等。

2. 喷射系统的分类

ECM 一般通过两种方法来检测发动机的进气量，即速度密度法和质量流量法。因此，燃油喷射系统有速度密度型喷射系统和质量流量型喷射系统两类。

（1）速度密度型喷射系统

不需要空气流量传感器，ECM 通过进气压力、节气门开度和发动机温度等信号来计算进入发动机的空气量。速度密度型喷射系统也称为压力型（D 型）燃油喷射系统，它具有结构简单、性能可靠等优点。但 ECM 通过进气歧管中空气的流速和密度来间接计算进气量，会受到空气温度和海拔等因素的影响，因此喷油量的控制精度不如质量流量型喷射系统高。

（2）质量流量型喷射系统

质量流量型燃油喷射系统通常称为 L 型喷射系统。该系统使用空气流量传感器直接测量发动机进气量，并转化为电压信号或频率信号发送给 ECM。因此，L 型喷射系统与 D 型喷射系统相比，进气量的计算更为准确，喷油量的控制精度大大提高，如图 3-7-9 所示。

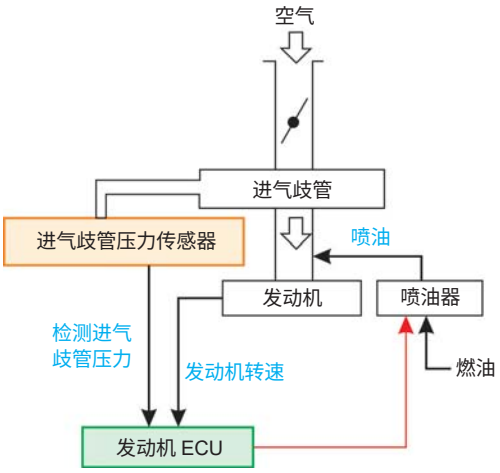


图 3-7-8　速度密度型燃油喷射系统

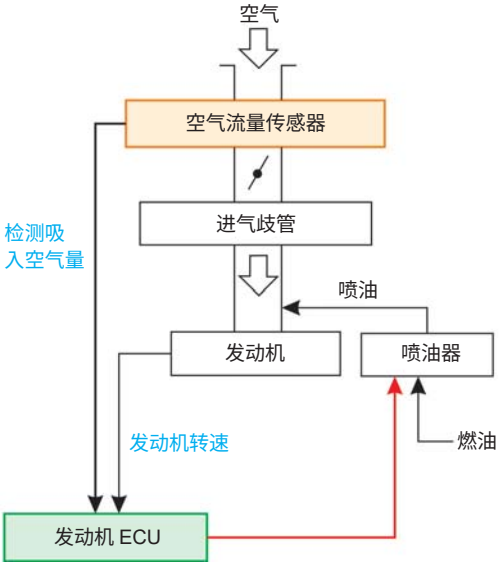


图 3-7-9　质量流量型燃油喷射系统

3. 燃油喷射方式

电控燃油喷射系统具有多种喷射方式，并经历了由单点喷射到多点喷射的发展过程。早期的单点喷射方式已经被淘汰，目前绝大多数汽油发动机都采用多点喷射方式。近年来普及的缸内直喷技术，使汽油发动机的燃烧效率提高到新的水平。

（1）多点喷射

多点喷射系统的结构组成如图 3-7-10 所示。多点喷射发动机的每一个气缸都有独立的喷油器，它安装在进气歧管末端，靠近燃烧室，燃油直接喷射在进气门附近。

多点喷射系统的喷射方式有分组喷射、同时喷射、顺序喷射等。

（2）缸内直喷

汽油机缸内直喷技术（SID 或 GD）指在火花塞点火前将汽油直接喷射到燃烧室中，喷入燃烧室的高压汽油与空气形成可燃混合气，如图 3-7-11 所示。与柴油发动机一样，汽油缸内喷射系统也需要非常高的喷射压力，以克服燃烧室内高压空气的阻力。

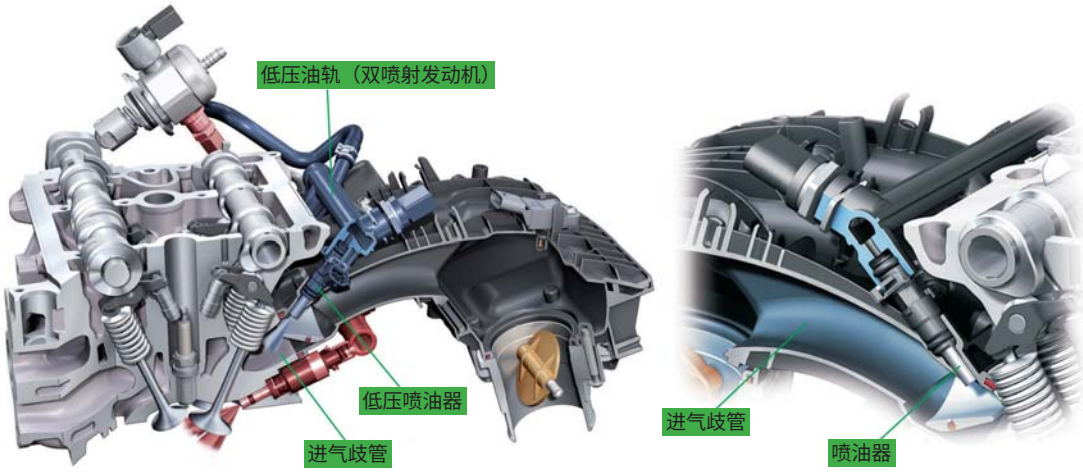


图 3-7-10　多点喷射

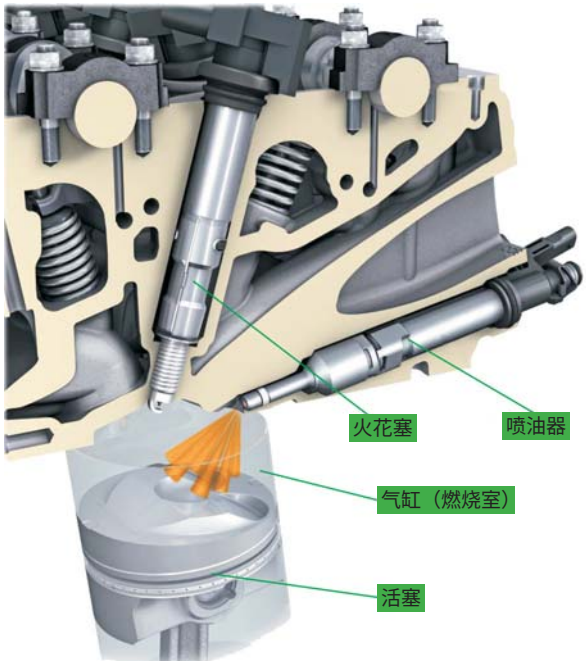


图 3-7-11　缸内直喷

3.7.3 燃油供给系统的维修要点

1. 燃油压力释放

燃油系统中存在压力，特别是缸内直喷发动机燃油喷射系统中存在很高的压力，在进行燃油系统维修前必须进行燃油压力的释放作业。燃油压力释放程序如下：

1）必要时打开燃油箱盖。

2）打开发动机舱或驾驶室内熔断器 / 继电器盒，找到燃油泵继电器或熔断器，将其拔出，断开燃油泵工作回路，使燃油泵不工作。

3）起动发动机直至发动机熄火，将系统管路中的燃油耗尽。

4）发动机熄火后再次起动发动机，使曲轴继续转动约 10 s。

拆卸燃油系统部件前，应将管路接头包扎好，防止燃油泄漏及异物进入管路中。

2. 燃油泵的测试

燃油泵的测试包含不同的方法和程序。即使燃油泵通过了一项测试，也不意味着燃油泵没有问题。例如，如果燃油泵转速变慢，则发动机在中小负荷时油压可能正常，但大负荷时供油量就不能满足需求了。

（1）静态压力测试

多数燃油系统的工作压力维持在 300~400kPa。但燃油泵泵油压力通常是燃油系统正常工作压力的两倍。如此高的泵油压力可保证持续的燃油供应，并防止燃油系统中产生燃油蒸气。

燃油泵的泵油压力可使用燃油压力表测量。首先将燃油压力表正确连接至燃油分配管进油口，如图 3-7-12 所示。然后将点火开关置于“ ON ”位，不起动发动机，使用诊断仪控制燃油泵运转，观察燃油压力表读数是否符合标准。

（2）保压测试

燃油系统保压测试可检查系统是否存在泄漏问题。燃油泵停止运行 5min 后，观察燃油压力表，压力应保持在规定范围内。如果不符合要求，则说明压力调节器、燃油泵止回阀、喷油器等部件存在泄漏问题。若燃油导轨有回油管，则可按以下方式确定压力下降的原因：

① 激活燃油泵，使燃油系统建立压力。使用诊断仪控制燃油泵继电器吸合，或使用带熔断器的导线跨接燃油泵继电器。

② 堵住燃油导轨上的回油管，如果油压停止下降，则说明燃油压力调节器失效。

③ 如果油压仍然下降，则使燃油系统加压后堵

图 3-7-12 燃油压力测试

住进油管。

④ 如果油压停止下降，则说明燃油泵止回阀失效。

⑤ 如果油压仍下降明显，则说明喷油器泄漏。

（3）动态压力测试

检查动态压力时，需要起动发动机。如果燃油导轨上有回油管（油压是参考真空的），则节气门动作时压力应改变。如果压力不变，则应检查真空管路。油压调节器的真空侧不允许出现燃油。

3. 燃油压力调节器检查

检查燃油压力调节器通常采用真空泵测试法或诊断仪测试法。

（1）真空泵测试法

真空式燃油压力调节器上连接有真空管，在发动机怠速运行时，通过改变进气歧管真空度，可判断燃油压力调节器的好坏。具体操作步骤如下：

① 连接燃油压力表到燃油导轨上的燃油压力测试口。

② 拆下燃油压力调节器上的真空管。

③ 怠速运行发动机，观察压力表读数。

④ 将真空管重新安装，观察压力表读数。燃油压力应下降约 69kPa。

⑤ 拔下真空管，将手动真空泵连接到燃油压力调节器的真空管接口。

⑥ 向燃油压力调节器施加 69kPa 左右的真空，观察燃油压力表读数。

⑦ 如果燃油压力下降约 69kPa，则说明燃油压力调节器正常，否则应更换燃油压力调节器。

（2）诊断仪测试法

利用诊断仪的测试功能对燃油压力调节器进行测试，可诊断其性能好坏。测试步骤如下：

① 关闭发动机点火开关，将诊断仪连接到车辆的诊断接口。

② 打开点火开关，在诊断仪的诊断项目中选择发动机系统。

③ 在发动机系统诊断项目中选择测试功能。

④ 选择燃油压力调节器测试，并在诊断仪上进行相关操作。

4. 燃油压力测试

燃油泵工作不良、燃油滤清器堵塞、进油管或回油管泄漏、燃油压力调节器失效及喷油器滴漏等故障都会引起燃油系统压力的变化。通过检测系统油压可判断燃油喷射系统是否正常。检测燃油系统压力前，应泄掉燃油管路中的残余压力。起动发动机后，拔下燃油泵继电器，直至发动机熄火。系统油压测试操作步骤如下：

1）在燃油导轨的油压测试口处连接燃油压力表。

2）打开点火开关或起动发动机建立系统油压。

3）关闭点火开关后，保持 20min，观察燃油压力表读数。如果压力下降至 140kPa 左右后不再下降，则说明燃油系统部件及管路没有泄漏。如果压力下降至 140kPa 以下，则说明燃油系统部件及管路存在泄漏。泄漏点可能为：

① 燃油泵止回阀。

② 喷油器。

③ 进油管或回油管。

④ 燃油压力调节器。

为确定故障点，应执行以下操作：

1）重新激活燃油泵，切断供油管路 10min。如果压力下降不明显，则说明燃油泵止回阀泄漏，应更换燃油泵。如果压力仍下降，则继续下一步操作。

2）重新建立燃油系统压力，切断燃油压力调节器附近的进油管和回油管。如果在 10min 内燃油压力下降明显，则说明燃油压力调节器或喷油器泄漏。

3）将喷油器连同燃油导轨从发动机上拆下，放在白纸上，保持压力 10min，观察喷油器是否有渗漏。若无则说明燃油压力调节器泄漏。

注意：

切断燃油管路时不要使用鲤鱼钳夹塑料管，应在管路中连接截止阀。

5. 喷油器拆卸与更换要点

发动机喷油器的拆装

在拆卸喷油器前，先进行燃油压力的释放操作。

1）打开发动机舱，断开蓄电池负极。

2）拆下曲轴箱强制通风管，断开进气歧管绝对压力传感器插接器，并松开发动机线束。

3）断开四个喷油器线束插接器，如图 3-7-13 所示。

4）断开燃油导轨上的进油口和回油口，如图 3-7-14 所示。

图 3-7-13　断开喷油器线束插接器

图 3-7-14　断开燃油导轨上的进油口和回油口

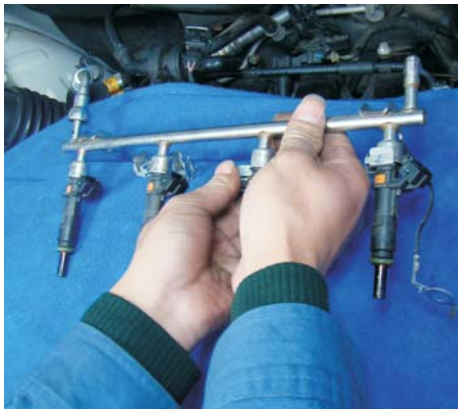
5）拆卸燃油导轨紧固螺栓，如图 3-7-15 所示。

6）取下燃油导轨和喷油器组件，如图 3-7-16 所示。

图 3-7-15　拆卸燃油导轨紧固螺栓

图 3-7-16　燃油导轨和喷油器组件

7）拔下图 3-7-17a 所示的喷油器固定件，拆卸图 3-7-17b 所示的喷油器。



a）拔下喷油器固定件

b）拆卸喷油器

图 3-7-17　拆卸喷油器

8）如图 3-7-18 所示，使用化油器清洗器清洗喷油器。安装时需要更换新密封垫。

图 3-7-18　清洗喷油器

6. 燃油泵的拆卸与更换要点

更换燃油泵前，先进行燃油系统压力的释放操作。燃油泵一般安装在燃油箱内，燃油箱则安装在车辆底部，可在后排座椅下方拆卸燃油泵。燃油箱和燃油泵的具体安装部位请参看相关车型维修资料。

1）进行燃油压力释放操作，断开蓄电池负极电缆。

2）拆卸后排座椅坐垫，掀开地毯，漏出燃油箱检修盖。

3）用螺钉旋具撬开燃油箱检修盖盖板，如图 3-7-19 所示。

4）断开图 3-7-20 所示的燃油泵线束插接器、出油管和回油管。

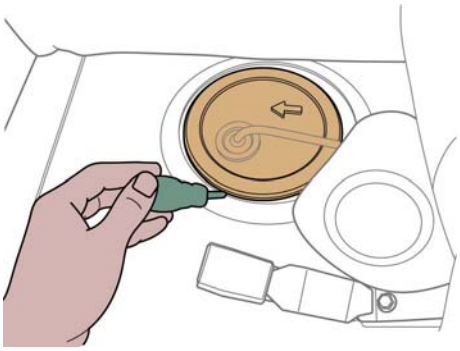


图 3-7-19　撬开燃油箱检修盖盖板

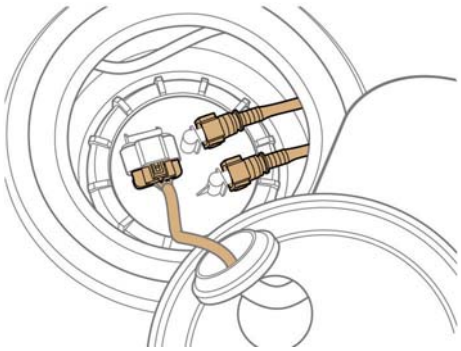


图 3-7-20　断开线束和管路连接

5）用手或专用工具逆时针旋转拆卸燃油泵总成锁环，如图 3-7-21 所示。

6）如图 3-7-22 所示，向上取出燃油泵总成。

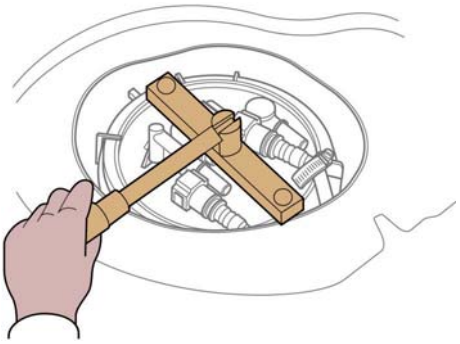


图 3-7-21　拆卸燃油泵总成锁环

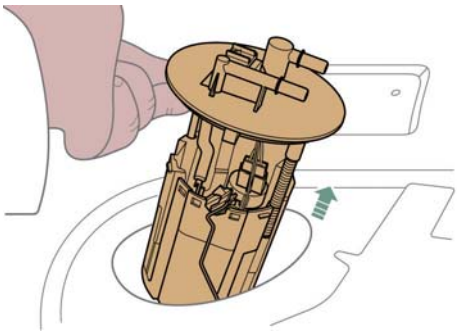


图 3-7-22　取出燃油泵总成

7. 燃油滤清器拆卸与更换要点

更换燃油滤清器前先进行燃油系统压力的释放操作。

1）进行燃油压力释放操作，断开蓄电池负极电缆。

2）举升车辆，在车底断开图 3-7-23 中箭头指示的燃油滤清器总成搭铁线。

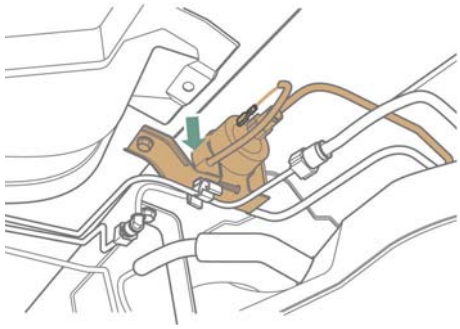


图 3-7-23　断开燃油滤清器总成搭铁线

3）分别断开图 3-7-24 箭头指示的进油管和出油管，注意管路接头处的卡扣，拆卸后应根据情况更换新件。

4）拆卸燃油滤清器固定支架紧固螺栓，取下燃油滤清器和固定支架，如图 3-7-25 所示。

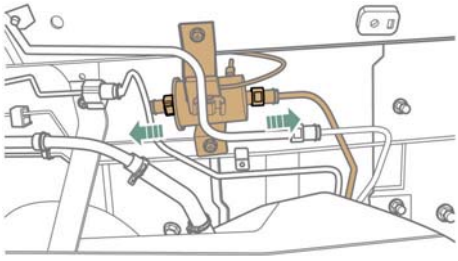


图 3-7-24　断开进油管和出油管

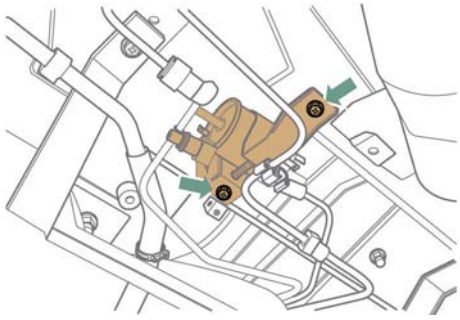


图 3-7-25　拆卸燃油滤清器和固定支架

5）拧松燃油滤清器总成紧固螺栓并取下燃油滤清器。

3.8 点火系统

压缩行程终了时，由于汽油的燃点较高，气缸内的可燃混合气无法自燃，要靠电火花点燃。因此，汽油发动机设计有专门的点火系统，按照发动机的做功次序给各缸火花塞提供高电压，使其产生电火花直接点燃压缩后的可燃混合气。

3.8.1 点火系统组成及原理

1. 点火方式

目前，汽油发动机多采用无分电器点火方式。无分电器点火方式按高压配电方式的不同又可分为同时点火和独立点火两种方式。

（1）同时点火

同时点火一般采用一个点火线圈同时对两个气缸进行点火，即双缸点火方式。这种点

火方式利用一个点火线圈对活塞接近压缩行程上止点和排气行程上止点的两个气缸同时点火，如图 3-8-1 所示。这种方式可减少点火线圈的数量，但如果一个气缸的火花塞或高压线出现故障，则会同时影响两个气缸的工作。

（2）独立点火

独立点火方式指每个火花塞都配有一个点火线圈，一对一地提供高电压，实现各缸直接点火，如图 3-8-2 所示。独立点火取消了易导致电磁干扰的高压线，ECM 可单独对每一个气缸的点火正时进行调整，提高燃烧效率。例如，如果爆燃传感器检测到第 3 缸点火后产生爆燃，则 ECM 会单独减小第 3 缸的点火提前角。

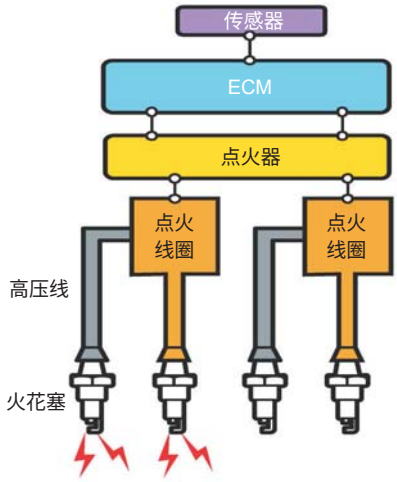


图 3-8-1　双缸同时点火

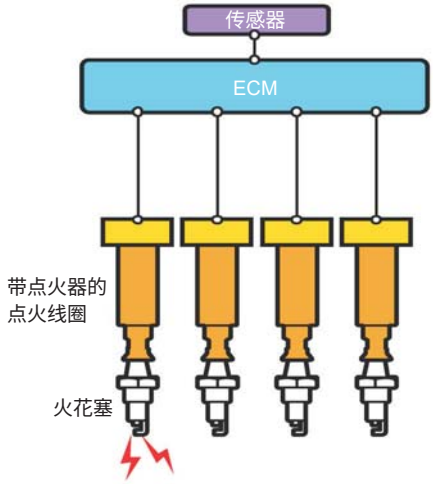


图 3-8-2　独立点火

2. 点火系统组成

无分电器电控点火系统一般由蓄电池、点火开关、点火线圈、高压线、火花塞、ECM 及相关传感器（例如曲轴位置传感器、凸轮轴位置传感器、爆燃传感器等）组成，如图 3-8-3 所示。点火线圈内部包含一次绕组和二次绕组，它们共用铁心，通过感应产生高压，然后由火花塞产生电火花点燃混合气。ECM 则根据传感器信号判断活塞是否处于压缩上止点位置，以确定最佳点火时刻。

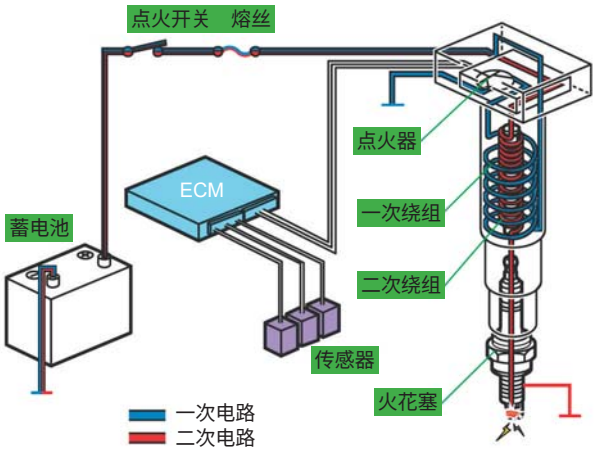


图 3-8-3　点火系统组成

（1）点火线圈

点火线圈实际是一个升压变压器，其作用是将蓄电池提供的 12V 低压电转换成点火所需的高压电，使火花塞跳火。点火线圈

主要由一次绕组、二次绕组及铁心等组成，如图 3-8-4 所示。很多点火线圈中的一次绕组和二次绕组彼此相连，也有些点火线圈中的一次绕组和二次绕组是分开的。

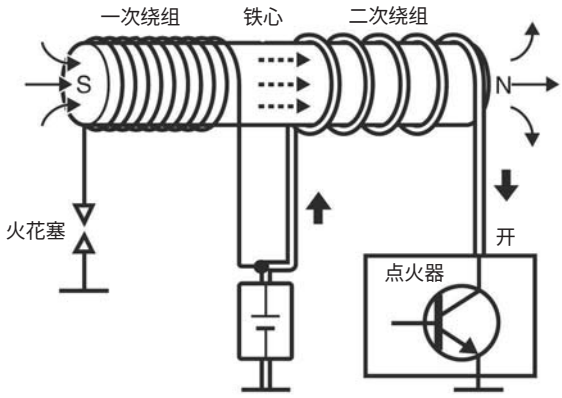


图 3-8-4　点火线圈结构

（2）火花塞

火花塞的作用是将点火线圈产生的高压电引入燃烧室，并在其两个电极之间产生电火花，以点燃可燃混合气。火花塞主要由绝缘体、壳体、接线柱、中心电极和侧电极等组成，如图 3-8-5 所示。多数火花塞的绝缘体裙部略缩入壳体端面，侧电极全遮盖中心电极。

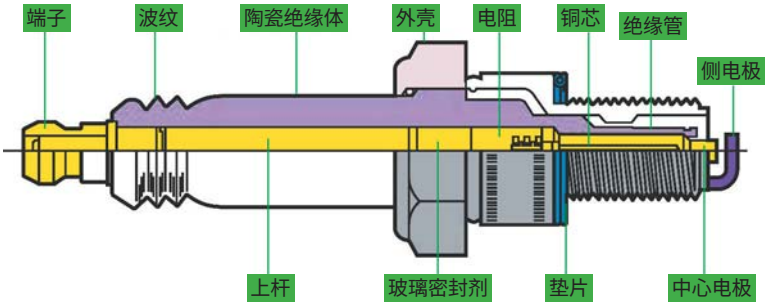


图 3-8-5　火花塞结构

（3）传感器

多数汽油发动机由 ECM 控制点火系统的所有功能，并持续调整点火正时。ECM 采集曲轴位置传感器、凸轮轴位置传感器、爆燃传感器信号作为点火正时的主要信号，同时参考冷却液温度传感器、节气门位置传感器、进气压力传感器、空气流量传感器等信号进行修正。

1）曲轴位置传感器。曲轴位置传感器也作为发动机转速传感器使用，其作用是采集曲轴转动角度或发动机转速信号，并输入 ECM，作为点火控制和喷油控制的主要参数之一，如图 3-8-6 所示。曲轴位置传感器一般安装于曲轴前端、中部或变速器壳体靠近飞轮的位置。曲轴位置传感器可分为磁电式、霍尔式、磁阻式和光电式。

2）凸轮轴位置传感器。凸轮轴位置传感器的作用主要是检测凸轮轴的位置和转角，从而确定第 1 缸活塞的压缩上止点位置。双可变气门正时（DT）系统的进、排气凸轮轴各有一个凸轮轴位置传感器。凸轮轴位置传感器通常是霍尔式，安装在气门室盖后部，传感器头部对应凸轮轴末端的信号转子，如图 3-8-7 所示。

图 3-8-6　曲轴位置传感器

图 3-8-7　凸轮轴位置传感器

3）爆燃传感器。爆燃传感器可使 ECM 控制点火正时以尽可能获得最佳性能，同时使发动机免受爆燃损害。爆燃传感器采用压电晶体技术，可将发动机的振动或噪声转化为振幅和频率不断变化的交流电压信号。电压信号的振幅和频率取决于爆燃传感器检测到的爆燃水平。爆燃传感器外观如图 3-8-8 所示。

图 3-8-8　爆燃传感器

3.8.2 点火系统维修要点

气缸压力的测量与分析

点火系统出现故障会直接影响发动机性能。由于点火系统的控制过程相对复杂，掌握正确的维修方法和诊断策略是非常重要的。对点火系统进行检查时，一般需要从以下两个方面入手：

①一次回路和二次回路中各部件及电路连接是否正常。

②与点火触发信号相关的传感器及电路连接是否正常。

1. 外观检查

检查点火系统的第一步是对整个点火系统进行彻底的目视检查，包括：

① 检查点火系统所有线束插接器是否连接正常。

② 检查所有部件安装是否正确。

③ 检查高压线、火花塞是否破损或漏电。

④ 检查所有高压线是否与火花塞、点火线圈连接牢固。

⑤ 检查点火线圈的绝缘层有无脏污、破裂等。

2. 点火线图火花塞拆卸与更换要点

1）打开发动机舱盖，断开蓄电池负极电缆。

2）拆卸发动机顶部点火线圈盖板，如图 3-8-9 所示。

3）断开图 3-8-10 所示的点火线圈插接器。

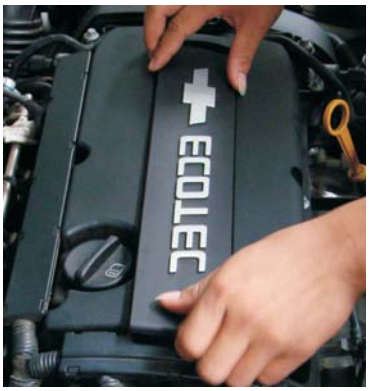


图 3-8-9　拆卸盖板

图 3-8-10　断开点火线圈插接器

火花塞的检查与更换

4）使用棘轮扳手拆卸点火线圈紧固螺栓，如图 3-8-11 所示。

5）如图 3-8-12 所示，取出点火线圈总成。

图 3-8-11　拆卸点火线圈紧固螺栓

图 3-8-12　取出点火线圈总成

6）如图 3-8-13 所示，使用火花塞拆卸专用工具配合棘轮扳手取出四个火花塞。

图 3-8-13　火花塞的拆卸

3. 部件检查

（1）点火线圈

点火线圈是点火系统的核心部件，其常见故障主要有以下两种：

① 一次绕组或二次绕组断路、短路、搭铁不良，造成二次电压下降或不产生二次电压。

② 点火线圈绝缘层破裂漏电，使二次电压下降或不产生二次电压。

1）电阻检查。使用万用表的欧姆档测量点火线圈一次绕组和二次绕组的电阻，并与标准值比较，以此来判断点火线圈是否短路或断路。为使测量更准确，测量前断开点火线圈线束插接器，具体操作步骤如下：

① 测量一次绕组电阻。将万用表置于“ Ω ”档，测量点火线圈一次绕组的电阻，如图 3-8-14 所示。大多数一次绕组的阻值为 1~3Ω，有些一次绕组阻值可能低于 1Ω。标准阻值参见维修手册。

② 测量二次绕组电阻。将万用表置于“ kΩ ”档，测量点火线圈的两个高压输出端子或一次绕组正极与二次绕组输出端子之间的电阻，多数二次绕组的阻值为 6~30 Ω，如图 3-8-15 所示。标准阻值参见维修手册。

2）绝缘检查。使用万用表的欧姆档测量点火线圈任一接柱与外壳之间的电阻，阻值应不小于 50MΩ，否则说明点火线圈绝缘不良，应更换点火线圈。

（2）火花塞

1）目视检查。火花塞在高温、高压环境中工作，还要受燃油中化学添加剂的腐蚀，因此故障率较高。正常工作的火花塞绝缘体裙部呈浅棕色或灰白色，轻微的积炭和电极烧蚀属正常现象。目视检查火花塞的电极和绝缘体外观是否出现以下现象：

图 3-8-14　一次绕组电阻的测量

图 3-8-15　二次绕组电阻的测量

① 火花塞烧损，例如火花塞绝缘体起皱、破裂，电极烧蚀、熔化等。

② 火花塞上有沉积物，例如积炭、积油、积灰等。

③ 火花塞电极间隙过大或过小，使点火性能下降。

2）电极间隙检查。如图 3-8-16 所示，使用塞尺检查火花塞电极间隙，间隙值应符合规定。火花塞的电极间隙一般为 0.6~1.2mm，具体数据参见维修手册。测量时，用规定厚度的塞尺插入火花塞电极间隙中，感觉稍有阻力即为合适，否则需用专用工具通过弯曲火花塞侧电极来调整电极间隙。

3）火花塞跳火检查。断开全部喷油器插头，使其不能喷油。取出带点火器的点火线圈和火花塞。重新将火花塞安装到点火线圈内，连接点火器插接器。将火花塞搭铁，然后起动起动机带动曲轴和凸轮轴转动，检查火花塞的跳火情况，如图 3-8-17 所示。

图 3-8-16　火花塞电极间隙检查

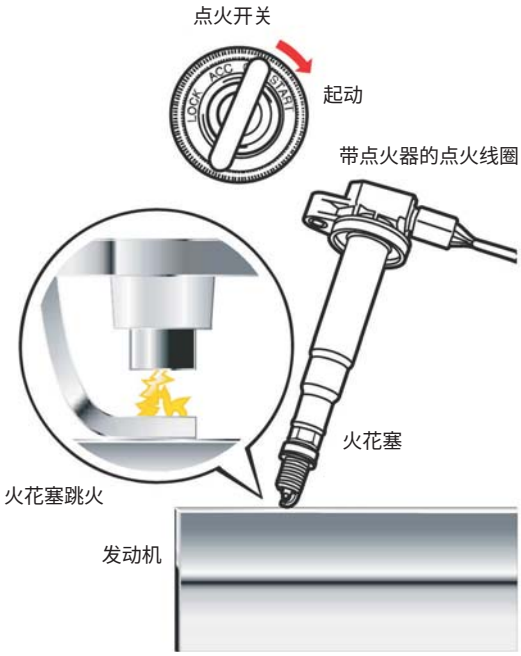


图 3-8-17　火花塞跳火检查

3.8.3 点火系统常见故障诊断与排除

点火系统常见故障有点火时间过早、点火时间过迟、火花塞故障等。

1. 点火时间过早和过迟

点火时间过早和过迟故障诊断与排除见表 3-8-1。

表 3-8-1　点火时间过早和过迟故障诊断与排除

故障现象		故障原因	诊断与排除
点火时间过早	怠速运转不平稳，起动时起动机发梗；急加速时发动机有爆燃声	点火正时调整失准或点火角度装配失准	连好点火测试仪，调整点火提前角到规定值
点火时间过迟	消声器声响沉重、急加速进气管回火和加速不灵敏、易熄火；发动机冷却液温度较高、汽车行驶无力	点火提前角不正确	调整点火提前角至规定值

2. 火花塞故障

火花塞故障诊断与排除见表 3-8-2。

表 3-8-2　火花塞故障诊断与排除

故障现象		故障原因	诊断与排除
火花塞故障	① 发动机无力 ② 单缸或少数缸不工作 ③ 发动机温度高 ④ 排气管有明显的“突、突”声 ⑤ 多个火花塞故障，起动困难甚至无法起动	① 火花塞电极间隙过大 ② 火花塞电极间隙过小 ③ 火花塞开裂短路 ④ 火花塞积炭短路 ⑤ 火花塞油污短路 ⑥ 外部绝缘体破裂	① 对症排除故障后，更换火花塞 ② 如果火花塞上有油污，则排除发动机故障后，再烘干火花塞继续使用 ③ 如果电极熔化则更换更冷型火花塞 ④ 如果火花塞积垢则更换更热型火花塞
火花塞电极间隙不正常	① 火花塞电极间隙太大，会引起发动机缺火、高速不良、排气管放炮和高压电器击穿等故障 ② 火花塞电极间隙太小，会引起发动机怠速不稳、加速不良、排放超标及电极过早烧蚀等故障		① 拆卸火花塞用塞尺测量电极间隙 ② 白金火花塞的电极间隙不能调整 ③ 如果电极间隙不符合标准，则更换火花塞

3. 高压线故障

（1）故障现象

发动机怠速不稳、加速不良、排放超标。

（2）故障原因

高压线端子被腐蚀、导线损坏或绝缘性能下降导致点火电压下降。

（3）诊断与排除

根据故障现象，进行断火试验，检查火花塞无故障后，检视高压线端子是否被腐蚀，用万用表测量高压线电阻即可诊断高压线故障。若高压线确有故障则换新。

4. 点火线圈故障

（1）故障现象

点火线圈损坏或工作不良会导致失火，造成发动机不能起动、怠速不稳、加速不良、排气管放炮和排放超标等。

（2）故障原因

一次绕组、二次绕组断路，匝间短路或绕组搭铁，绝缘老化漏电，内部导线连接点接触不良。

（3）诊断与排除

1）手摸点火线圈外壳，感到温热为正常，如果烫手则为点火线圈匝间短路。

2）用万用表测量一次绕组和二次绕组电阻值，判断是否有绕组短路和断路。测得电阻无穷大，则为绕组断路。测得电阻过大或过小，则说明绕组接触不良或有匝间短路。绕组是否搭铁，则用万能表测点火线圈接线柱与点火线圈外壳之间的电阻来判断。电阻为零说明绕组搭铁。电阻小于 50MΩ 说明绝缘性能差。

3）点火线圈的某些故障仅用万能表测量电阻的方法并不一定能诊断。例如，点火线圈内部绝缘老化或有小裂纹，只会在高电压下产生漏电造成二次电压下降、点火能量不足，使发动机工作不正常或不工作。这些故障需通过专用仪器来诊断。

4）用对比跳火的方法检验。此方法在试验台上或车上均可进行。将被检验的点火线圈与好点火线圈分别通电对比，看其火花强度是否一致。

经过检验，如果点火线圈内部有短路、断路、搭铁等故障，或火花强度不符合要求，则应更换新件。

5. 发动机爆燃

（1）故障现象

发动机以大负荷中等转速运转时出现爆燃响声，冷却液温度迅速上升。

（2）故障原因

卡罗拉发动机拆解

发动机爆燃是混合气燃烧速度过快或同时存在多个着火点造成的，主要故障原因如下：

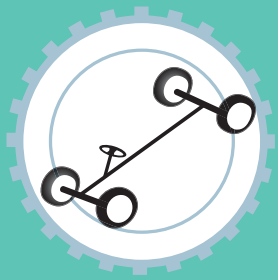
① 使用燃油牌号不正确。
② 点火提前角过大。
③ 缸内积炭过多。
④ 冷却液温度过高。

（3）诊断与排除

科鲁兹发动机拆解

① 延迟点火正时。
② 除去燃烧室中的积炭，以降低压缩比并除去热点。
③ 使用优质高辛烷值汽油，提高燃油的燃点。
④ 改变火花塞热范围（改用冷型）。

第4章



传动系统

Chapter 4

4.1 传动系统基本组成、原理及布置形式 108

4.2 离合器 112

4.3 手动变速器 117

4.4 行星齿轮自动变速器 130

4.5 双离合变速器 138

4.6 主减速器、差速器与传动轴 146

4.1 传动系统基本组成、原理及布置形式

发动机的动力需经过离合器、变速器、主减速器、差速器、半轴等部件传递给车轮，从而驱动汽车行驶。位于发动机和驱动轮之间的多个传动装置被统称为传动系统。汽车传动系统在驱动车轮滚动时，要具备变速、差速、反向行驶及中断传动等功能。

4.1.1 驱动形式

发动机的安装位置和布置方向对车辆的驱动形式影响很大。目前，汽车的驱动形式可分为前轮驱动、后轮驱动和四轮驱动三种形式。

1. 前轮驱动

前轮驱动指传动系统将发动机的动力传递给前轮，从而驱动汽车行驶的驱动形式，如图 4-1-1 所示。前轮驱动汽车的发动机一般安装在车身前部，且发动机通常横置。但也有少数前驱汽车采用发动机纵置布局，通过前驱动桥直接将变速器输出的动力传递给驱动轮。

2. 后轮驱动

后轮驱动指传动系统将发动机的动力传递给后轮，从而驱动汽车行驶的驱动形式。后轮驱动汽车的发动机通常也安装在车身前部，一般为发动机纵置布局，如图 4-1-2 所示。后驱汽车通过传动轴将变速器输出的动力传递给后驱动桥，然后由后驱动桥驱动后轮。有些后驱汽车也会采用发动机中置或后置布局。

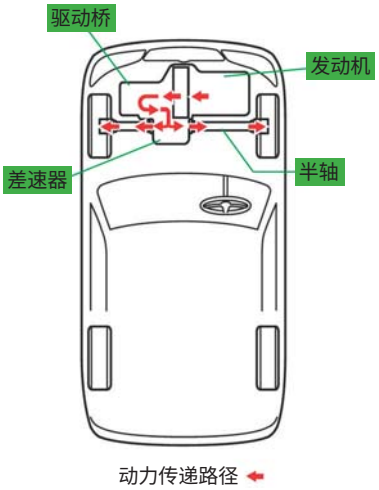


图 4-1-1 前轮驱动

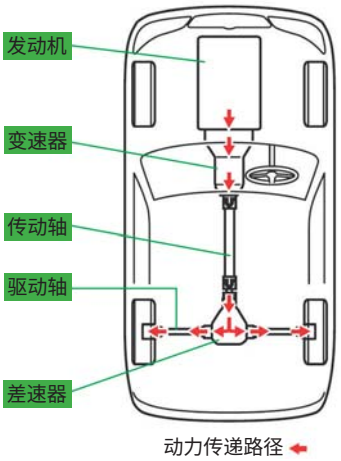


图 4-1-2 后轮驱动

3. 四轮驱动

四轮驱动指传动系统将发动机的动力传递给四个车轮，并通过四个车轮驱动汽车行驶，如图 4-1-3 所示。四轮驱动汽车的四个车轮都是驱动轮，前桥和后桥都是驱动桥。根据路面状态不同，四驱汽车可将发动机输出的转矩按不同比例分配给前、后轮，以获得尽可能大的驱动力，提高汽车在较差路况下的通过性。

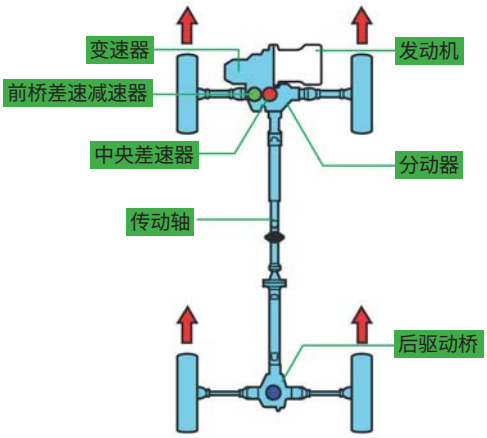


图 4-1-3　四轮驱动

4.1.2 传动系统的组成

传动系统的组成部件因驱动形式和发动机安装位置而异，典型的传动系统主要由离合器、变速器、万向传动装置（万向节和传动轴）、驱动桥（主减速器、差速器和半轴）等组成。对于发动机前置后轮驱动的汽车来说，动力的传递路径为：离合器→变速器→万向传动装置→主减速器→差速器→半轴、驱动轮。而对于发动机前置前轮驱动的汽车来说，动力传递路径为：离合器→变速器→主减速器→差速器→万向传动装置（含半轴和万向节）→驱动轮。

1. 离合器

离合器安装在发动机和变速器之间，用来切断或连接发动机与变速器之间的动力传递，如图 4-1-4 所示。

2. 变速器

变速器安装在离合器与万向传动装置之间，用来实现变速、变矩和改变车轮旋转方向等功能，如图 4-1-5 所示。变速器通常有多个前进档（常见的有 4、5、6、7、8 档）供驾驶人选择，低档可提供足够的转矩来使汽车起步，高档可提供足够的巡航速度来提高经济性，中间档保证动力输出更加平顺。另外，变速器还可给车辆提供空档和倒档功能。根据操纵方式的不同，变速器分为手动变速器和自动变速器两类。

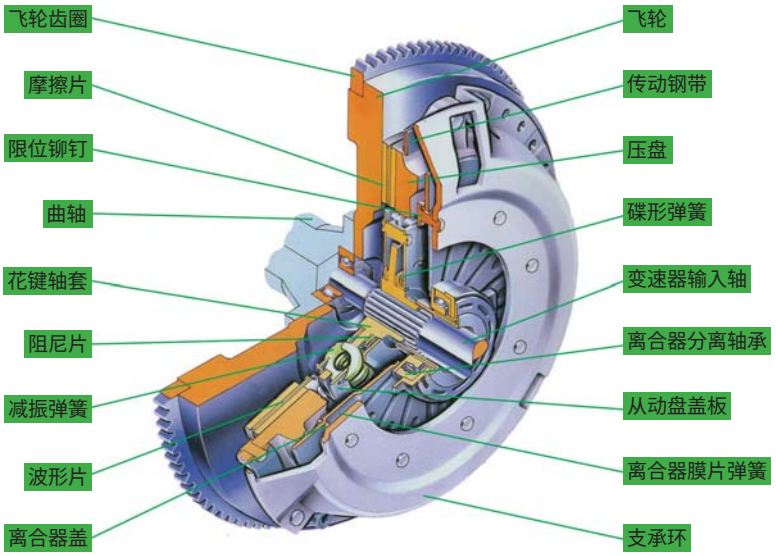


图 4-1-4　离合器

图 4-1-5　自动变速器

3. 分动器

分动器通常安装在变速器后部，它可将发动机输出的动力按一定比例分配给前、后驱动桥，实现四轮驱动。分动器主要由输入轴、主动齿轮、从动齿轮和输出轴组成，如图 4-1-6 所示。

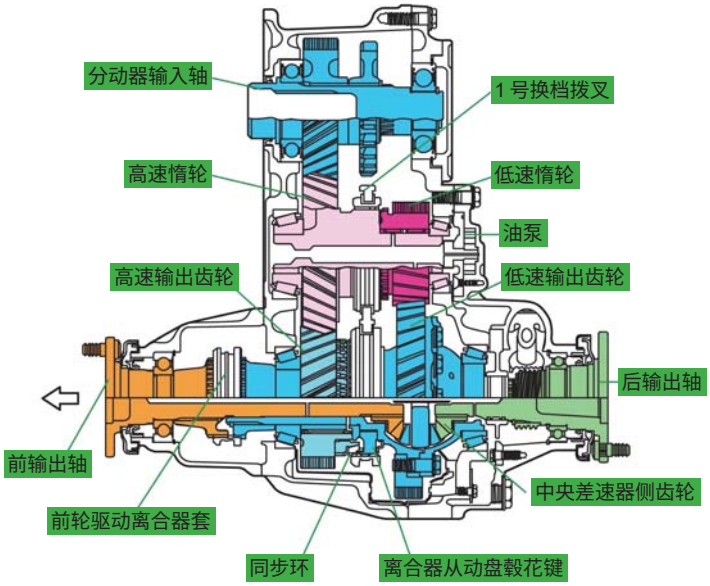


图 4-1-6　分动器

4. 万向传动装置

万向传动装置用于轴线相交或相对位置经常变化的转轴之间的动力传递，主要由万向节和传动轴组成，如图 4-1-7 所示。万向节是转轴与转轴之间实现变角度传递动力的基本部件，车辆的传动轴或转向驱动桥上安装有万向节。在发动机前置后轮驱动的车辆上，传动轴通常用于变速器与驱动桥之间的动力传递。在发动机前置前轮驱动的车辆上，变速器、主减速器及差速器直接组合在一起，传动轴安装在差速器和驱动轮之间。该传动轴也称半轴（驱动轴），它具有长度较短、转速低、传递转矩大等特点。

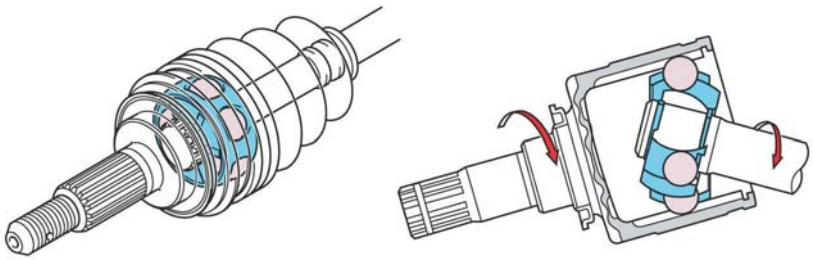


图 4-1-7　万向传动装置

5. 驱动桥

驱动桥位于汽车传动系统的末端，主要由主减速器、差速器和驱动桥壳等组成，如图 4-1-8 所示，其作用是将发动机输出的转矩通过主减速器、差速器、半轴等传到驱动轮，实现降低转速、增大转矩及两侧车轮差速等功能。

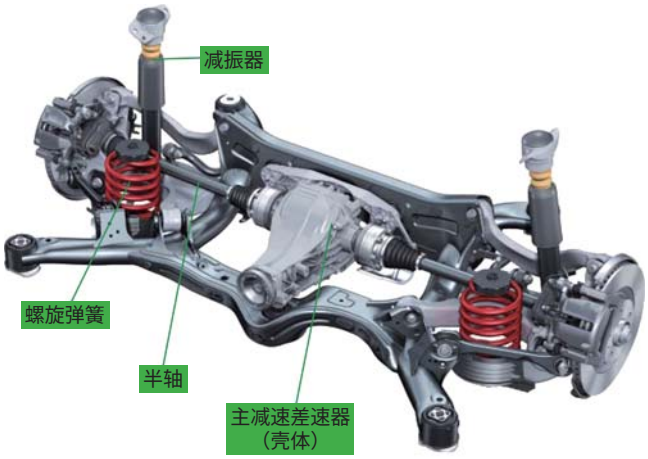


图 4-1-8　驱动桥

4.2 离合器

4.2.1 离合器的基本组成

离合器是汽车传动系统的重要组成部件之一，它由主动部件、从动部件、压紧机构和操纵机构四部分组成，如图 4-2-1 所示。主动部件包括飞轮压盘总成（含离合器盖）等；从动部件包括从动盘和变速器输入轴等；压紧机构包括压紧弹簧和支承装置等；操纵机构包括离合器踏板、主缸、工作缸和分离轴承等。主、从动部件和压紧机构是保证离合器处于

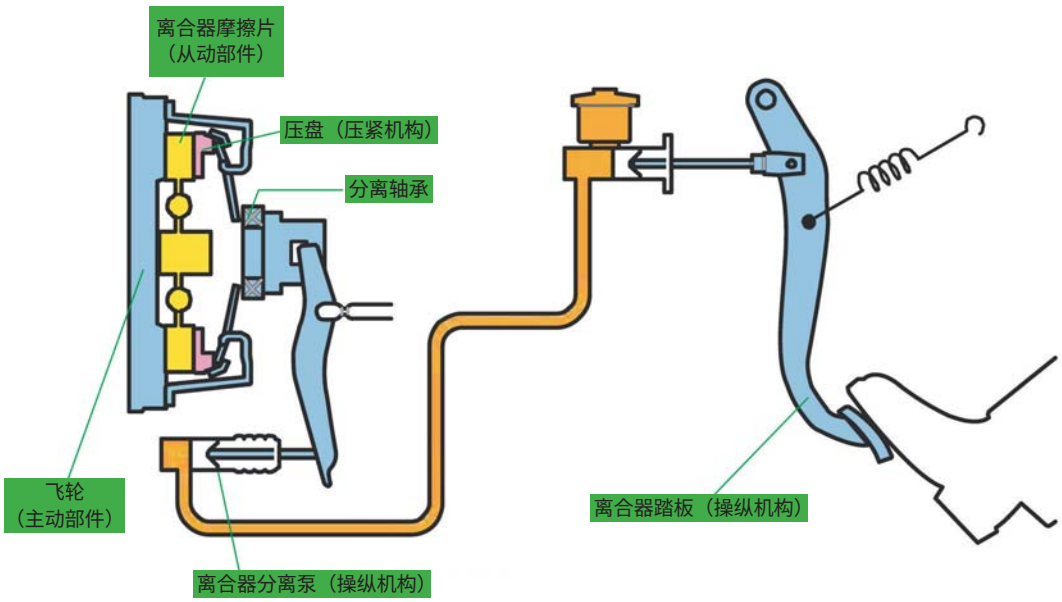


图 4-2-1　离合器的组成

接合状态并能传递动力的基本装置，而操纵机构主要是使离合器分离的装置。离合器安装在发动机与变速器之间，是汽车传动系统中直接与发动机相连的总成部件，也是实现动力传递和切断的关键部件，如图 4-2-2 所示。

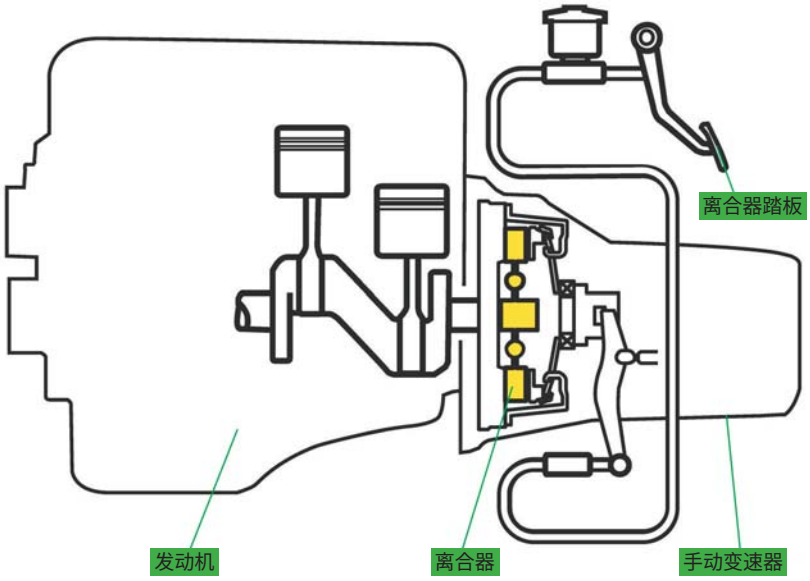


图 4-2-2　离合器的作用

4.2.2 离合器的维修要点

1. 离合器踏板高度和自由行程的检查

回位弹簧将离合器踏板保持在最高位置处。在自由状态下，用直尺测量地板到离合器踏板上表面的距离，这就是离合器踏板高度，如图 4-2-3 所示。

在多数离合器操纵机构中，踏板都存在自由行程。自由行程用来保证离合器踏板在刚被踩下时，不会立刻分离离合器。可用手轻按离合器踏板，当感受到阻力增大时，测量地板到离合器踏板上表面的距离，该距离与离合器踏板高度之间的差值，即为离合器踏板的自由行程，如图 4-2-4 所示。

2. 离合器液压系统排气

首先将离合器主缸储液罐中的液压油添加至规定高度，如图 4-2-5 所示。工作缸的放气阀上装有一个软管，接到一个盛有半满液压油的容器内，如图 4-2-6 所示。将放气阀拧开 2~3 圈，排放液压油，直到流出的液压油中不再含有气泡，最后拧紧放气阀。

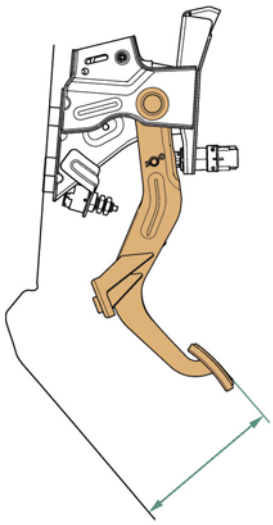


图 4-2-3　离合器踏板高度的检查

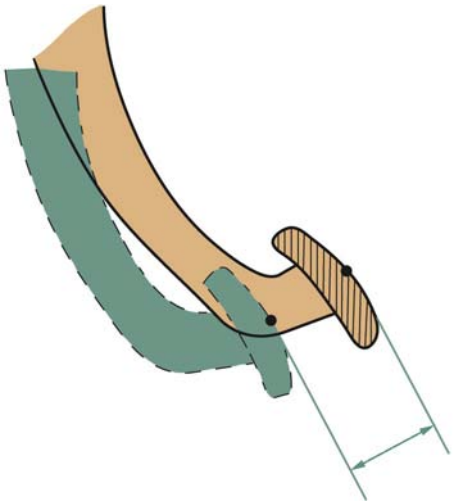


图 4-2-4　离合器踏板自由行程检查

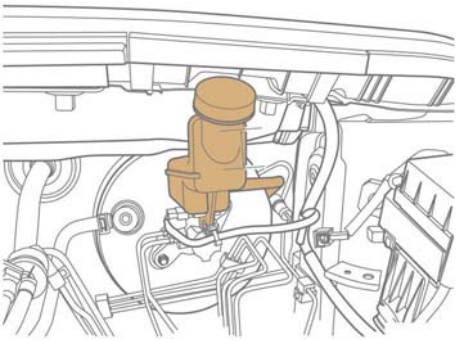


图 4-2-5　离合器主缸储液罐油面高度

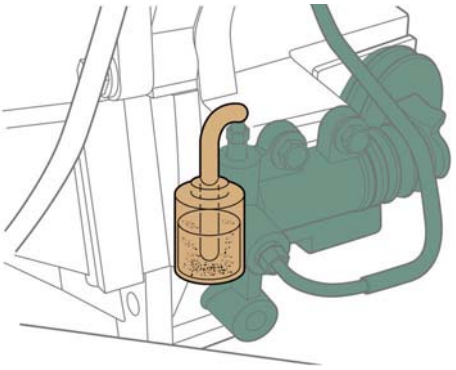


图 4-2-6　工作缸放气阀连接示意

将离合器主缸储液罐中的液压油再次添加至规定高度，并再次进行排气作业。排气时需要两人配合工作，其中一个人慢慢地踩下离合器踏板数次，感到有阻力时踩住踏板不动，另一个人拧松放气阀直至液压油开始流出，然后拧紧放气阀。连续重复操作几次，直到流出的液压油中不见气泡为止。

空气排净后，需检查及调整离合器踏板工作行程和储液罐中的油面高度。最后进行路试，离合器应接合平稳、分离彻底、无打滑（抖动、异响），且操纵机构灵敏可靠，踏板自由行程符合原厂规定。

3. 离合器部件的检修

离合器部件的检修包括飞轮检修、压盘总成检修、从动盘检修和操纵机构检修等。目前，离合器中的多数部件都是一次性使用的，确定故障部位后，通常需要更换新部件。

（1）飞轮检修

飞轮常见的损伤有齿圈磨损、轮齿断裂，工作面出现磨损、沟槽、翘曲和裂纹等。齿

圈磨损或断裂需要更换飞轮总成，少部分车型可单独更换齿圈。

可通过百分表检查飞轮工作面的平面跳动量，当磨损或起槽不超过 0.5 mm 时，可清除毛糙，继续使用。若深度大于 0.5 mm，则应更换。

（2）压盘总成检修

离合器压盘总成常见的故障有磨损、烧蚀、弹簧断裂等，检查方法主要有压盘平面度检测和压盘膜片弹簧检测。

1）压盘平面度检测。将钢直尺放在压盘工作面上，使用塞尺检查钢直尺与压盘工作面之间的间隙，当平面度误差不大于 0.2mm 时，可通过砂纸或油石修磨。若平面度误差大于 0.2mm，则应更换。

2）压盘膜片弹簧检测。将压盘工作面向上平放，使用游标卡尺检查膜片弹簧到压盘工作面的距离，各膜片弹簧高度差不得大于 0.5mm。如图 4-2-7 所示，用游标卡尺检查膜片弹簧的磨损深度 A 和磨损宽度 B，A 和 B 的允许最大值分别为 0.5mm 和 0.6mm，若超出则应更换压盘总成。

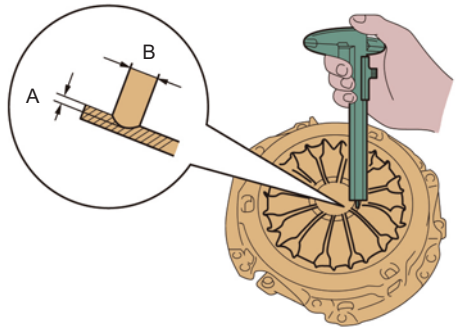


图 4-2-7　压盘膜片弹簧检测

（3）从动盘检修

从动盘是离合器的重要零件。离合器传递动力就是靠从动盘摩擦片与主动部件之间的摩擦作用实现的。摩擦片常见损伤有磨损、烧蚀和破裂等。从动盘常见的损伤有花键孔磨损、减振片断裂、从动片翘曲、破裂等。从动盘的检查项目主要有目视外观检查、摩擦片磨损检查和花键间隙检查等。

1）目视外观检查。摩擦片的磨损状况通常用目视法检查。若摩擦片有轻微烧蚀、硬化，可用锉刀或粗砂纸磨光后继续使用。摩擦片上有轻微油污，可用清洁剂清洁。若摩擦片磨损超过修理极限、有裂纹与脱落、烧蚀面积大而深或有严重油污，则需换用新从动盘。

2）从动盘毂花键间隙检查。使从动盘毂在变速器花键轴上轴向移动，若能移动自如且不松动，则为正常，否则应修整从动盘毂花键齿或更换从动盘总成。

3）摩擦片磨损检查。用游标卡尺检测摩擦片的铆钉头深度以判断其磨损程度，如图 4-2-8 所示。铆钉头深度为 0.50 mm，磨损极限为 0.30 mm，超过极限应更换。

4）从动盘总成跳动量。如图 4-2-9 所示，用百分表检查从动盘总成跳动量，允许最大跳动量为 0.8mm，若超出则应更换从动盘总成。

（4）分离轴承检修

分离轴承常因维护不当缺油而异响，或因磨损而松动，甚至损坏。分离轴承应转动灵活，用手压紧轴承内圈转动，若有阻滞感则表明轴承座或滚子磨损。若转动灵活但稍有“沙沙”声，则表明缺油。上述两种情况都应更换分离轴承。

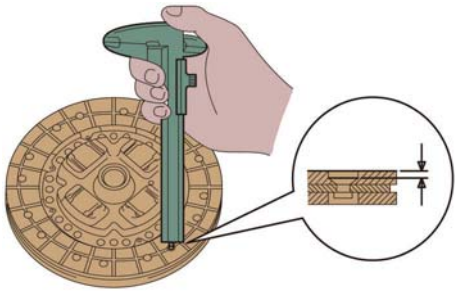


图 4-2-8 铆钉头深度检测

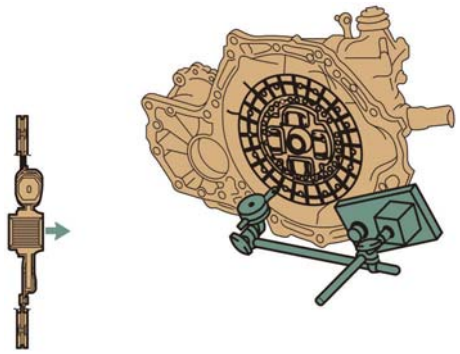


图 4-2-9 从动盘总成跳动量检查

4. 离合器的故障诊断

离合器的常见故障主要包括打滑、分离不彻底、接合不稳和异响等，故障部位通常是飞轮、从动盘、压盘、膜片弹簧、分离拨叉和分离轴承等。

（1）离合器打滑

离合器打滑主要表现在松开离合器踏板时，发动机动力不能完全传给驱动轮，故障现象包括：汽车不动或勉强起步，且发动机转速越高，汽车越不能起步的现象；行驶中急加速时，车速不提高或提高不明显；汽车重载时爬坡无力，且有时伴有离合器烧焦的气味。根本原因是压盘不能牢固地压紧从动盘摩擦片，或摩擦片的摩擦系数过小。离合器打滑的基本检修项目如下：

① 离合器踏板自由行程是否过小。
② 液压操纵机构或机械式拉索等是否回位。
③ 分离轴承是否卡滞。
④ 摩擦片是否烧蚀、硬化、有油污或磨损严重等。
⑤ 膜片弹簧是否疲劳、开裂或失效。
⑥ 压盘或飞轮表面是否变形、磨损。

（2）离合器分离不彻底

离合器分离不彻底，主要表现包括：汽车起步时，将离合器踏板踩到底，仍然挂档困难，变速器内常伴有齿轮撞击声；强行挂档后，如果不松开离合器踏板，则汽车会猛向前窜或发动机熄火。离合器分离不彻底的根本原因是离合器踏板踩到底时，压盘离开从动盘的移动量过小，或部件的变形导致压盘与从动盘摩擦片有所接触而不能彻底分离。离合器分离不彻底的基本检修项目如下：

① 离合器踏板自由行程是否过大。
② 液压操纵系统是否漏油，系统内有空气或油量不足等。
③ 操纵机构是否卡滞。
④ 摩擦片是否变形或铆钉松动。

⑤ 从动盘是否翘曲。
⑥ 从动盘毂的花键与变速器输入轴是否卡滞。
⑦ 压盘是否变形。
⑧ 膜片弹簧是否断裂或各膜片弹簧不在同一平面内。
⑨ 摩擦片是否装反。

（3）离合器接合不稳

离合器接合不稳又称离合器发抖，主要表现包括：起步过程中，缓放离合器踏板，轻踩加速踏板，离合器接合时出现抖振，汽车不能平顺起步，伴有冲撞，严重时车身明显抖动。离合器接合不稳的根本原因是从动盘摩擦片表面与压盘表面、飞轮接触表面之间的正压力分布不均，在同一平面内的接触时间不同，使飞轮或压盘与从动盘接合不平顺。离合器接合不稳的基本检修项目如下：

① 操纵机构是否卡滞。
② 摩擦片是否翘曲。
③ 压盘是否变形。
④ 离合器盖是否松动。
⑤ 飞轮端面圆跳动量是否超标。
⑥ 膜片弹簧本身弹力是否不均、断裂，或膜片弹簧不在同一平面内。

（4）离合器异响

部分踩下离合器踏板，或完全踩下离合器踏板时，离合器发出异响。造成离合器异响的根本原因在于离合器的部分零件严重磨损，以及主、从动部件或传动部件松动。离合器异响的基本检修项目如下：

① 离合器踏板自由行程是否过小。
② 离合器踏板回位弹簧是否过软、脱落或折断。
③ 分离轴承是否缺油或损坏。
④ 分离轴承与膜片弹簧的间隙是否过小。
⑤ 分离轴承回位弹簧是否折断。
⑥ 膜片弹簧是否断裂。
⑦ 摩擦片铆钉是否外露。
⑧ 从动盘减振器弹簧是否折断。

4.3 手动变速器

4.3.1 手动变速器基本组成

车辆行驶过程中，需要的驱动力和车速变化范围大，而发动机可提供的转矩和转速的变化范围较小，因此汽车传动系统中必须设置变速器。变速器主要有改变传动比、实现倒

档、切断动力传递三方面作用。

根据操作方式不同，变速器分为手动变速器和自动变速器两类。手动变速器由驾驶人操作变速杆实现档位变化。自动变速器由自动变速器控制模块控制档位变化，驾驶人通常只需操作加速踏板。发动机前置前轮驱动车辆（简称前置前驱车辆）与发动机前置后轮驱动车辆（简称前置后驱车辆）的变速器结构是不一样的，但一般都由变速传动机构、同步器、操纵机构和安全装置组成。

1. 变速传动机构

手动变速器通常有 4~6 个前进档、1 个倒档，这些档位通过定轴齿轮机构实现。前置前驱车辆通常使用两轴式变速器，两根轴分别称为输入轴和输出轴，如图 4-3-1 所示。前置后驱车辆通常使用三轴式变速器，三根轴分别称为输入轴、中间轴和输出轴。两轴式变速器与三轴式变速器的工作原理基本一致。下面以 5 档变速器为例进行介绍。

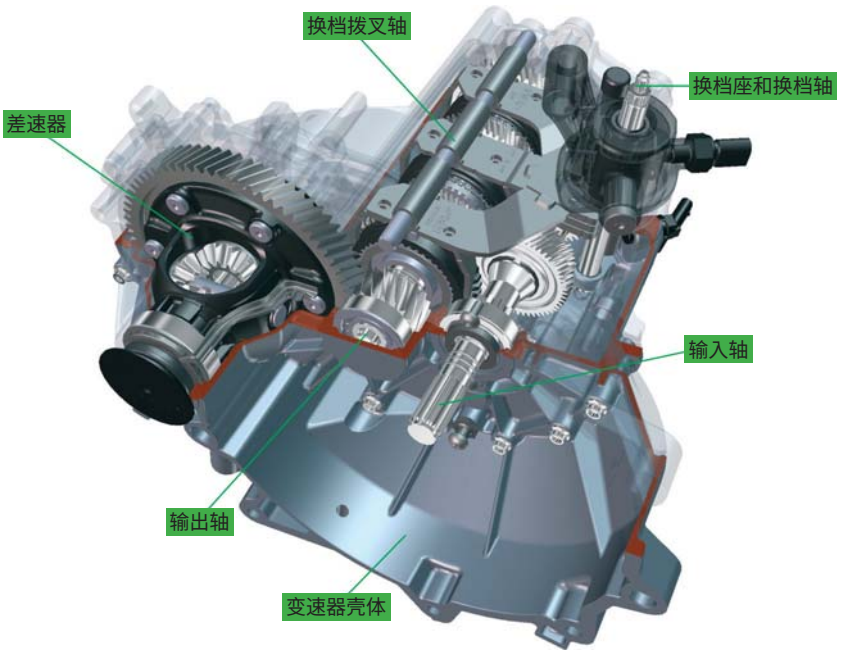


图 4-3-1　手动变速器结构

5 档变速器有 5 个前进档、1 个倒档，每个前进档都有一对常啮合齿轮，倒档的输入轴齿轮和输出轴齿轮之间有倒档惰轮。前进档采用同步器换档，一、二档共用一个同步器，三、四档共用一个同步器，五档单独使用一个同步器。倒档采用齿轮直接啮合方式传递动力。

2. 操纵机构

手动变速器通过接合套轴向移动实现换档，而接合套位于变速器壳体内，因此设置了

专门的操纵机构供驾驶人进行换档操作。驾驶人通过该操纵机构可准确、可靠地变换档位，并能随时从任意档位退出到空档，如图 4-3-2 所示。根据变速杆与变速器的相对位置，操纵机构分为直接式和间接式两种。

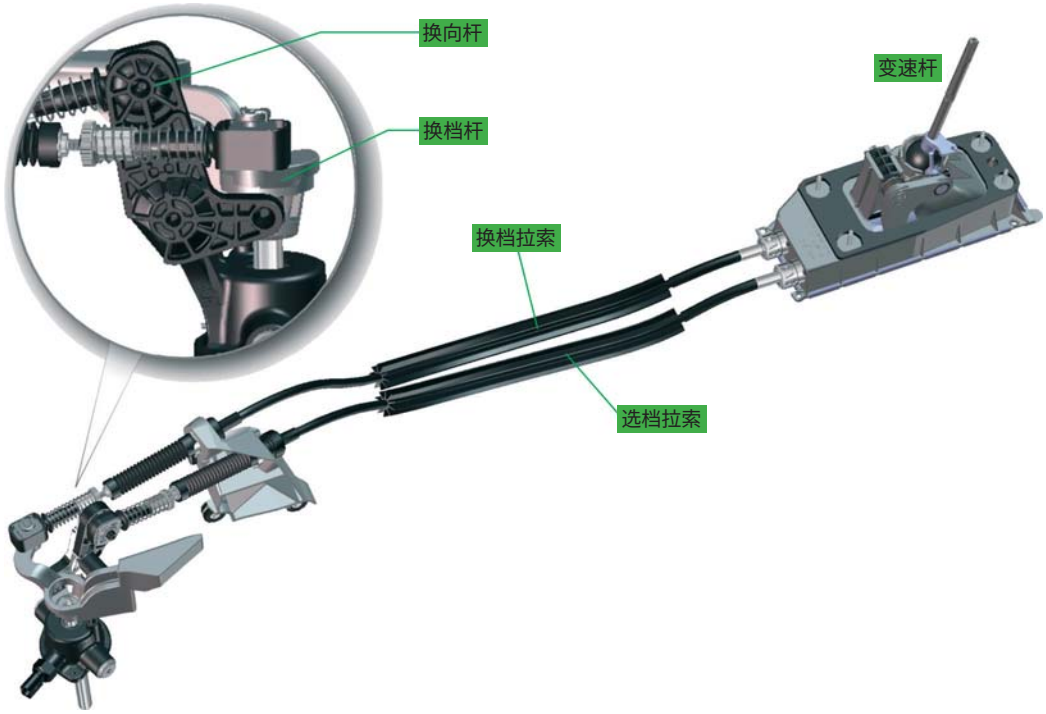


图 4-3-2　操纵机构

3. 同步器

变速器在换档过程中，所选档位的两个待啮合齿轮的轮齿线速度必须相等（即同步），才能平顺啮合并顺利挂档。如果在两齿轮轮齿线速度不相等时强行挂档，则两齿轮会相互冲击，导致齿轮端面磨损，甚至轮齿折断。因此，大多数手动变速器的前进档设置有同步器，它使待接合齿圈与接合套同速转动，保证换档平顺，简化了换档操作，降低了驾驶人的劳动强度。

目前，手动变速器广泛采用惯性式同步器，惯性式同步器依靠摩擦作用实现同步，它可从结构上保证接合套与接合齿圈在同速前不接触，如图 4-3-3 所示。根据结构不同，惯性式同步器又可分为锁环式同步器和锁销式同步器两类。

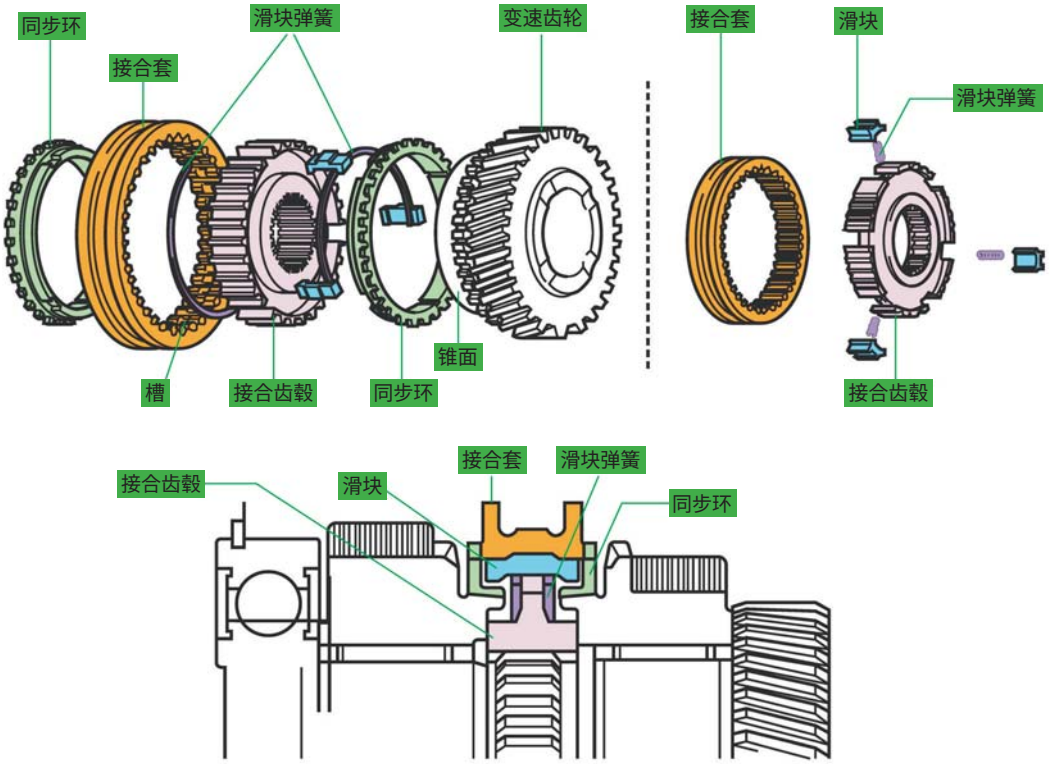


图 4-3-3　同步器构造

4.3.2 手动变速器的拆装

变速器的拆解

变速器的安装

1）将变速器放到工作台上，拧开放油螺塞，旋转变速器，将变速器油放净，如图 4-3-4 所示。

2）拆开连接分离轴承的卡子（无需拆下），如图 4-3-5 所示。

图 4-3-4　拧开放油螺塞

图 4-3-5　拆开卡子

3）拆下液压分离轴承座及分离轴承快速接头，如图 4-3-6 所示。

4）分离接头总成如图 4-3-7 所示。

图 4-3-6　拆下快速接头

图 4-3-7　分离接头总成

5）拆下分离轴承紧固螺栓，取下分离轴承，如图 4-3-8 所示。

6）用工具拧下后盖螺栓，取下后盖，如图 4-3-9 所示。

图 4-3-8　取下分离轴承

图 4-3-9　取下后盖

7）直接取出倒档同步环，如图 4-3-10 所示。

8）挂入一个前进档，然后将弹性锁销冲去，再将 5 档拨叉及齿轮向下移动，待输入轴同输出轴相互锁死，用扭力扳手逆时针拧下 5 档从动齿轮紧固螺母，如图 4-3-11 所示。

注意：

也可先挂上 5 档，将细铜棒（或其他硬度较低的金属棒）放在 5 档主、从动齿轮之间，用扭力扳手逆时针拧下 5 档从动齿轮紧固螺母。

图 4-3-10　取出倒档同步环

图 4-3-11　取下从动齿轮紧固螺母

9）用扭力扳手逆时针拧下 5 档主动齿轮紧固螺母，如图 4-3-12 所示。

10）用样冲冲出弹性锁销。挂入倒档，取出 5/ 倒档拨叉，如图 4-3-13 所示。

图 4-3-12　取下主动齿轮紧固螺母

图 4-3-13　取出 5/ 倒档拨叉

11）取出 5 档同步器，及 5 档主、从动齿轮，如图 4-3-14 所示。
12）取下滚针轴承，如图 4-3-15 所示。

图 4-3-14　取下同步器和齿轮

图 4-3-15　取下滚针轴承

13）用内六角套筒拧下轴承挡板紧固螺栓，取下轴承挡板，如图 4-3-16 所示。
14）用卡钳取出输出轴后轴承调整垫片，如图 4-3-17 所示。

图 4-3-16　取下轴承挡板

图 4-3-17　取出输出轴垫片

15）取出输入轴后轴承调整垫片，如图 4-3-18 所示。
16）拧下操纵机构壳体紧固螺栓，如图 4-3-19 所示。

图 4-3-18　取出输入轴垫片

图 4-3-19　拧下紧固螺栓

17）拧下定位座 - 换档指，如图 4-3-20 所示。

18）拧下倒车灯开关。此时可直接把操纵机构总成从变速器壳体中拔出，如图 4-3-21 所示。

图 4-3-20　拧下定位座

图 4-3-21　拧下倒车灯开关

19）拧出图 4-3-22 所示的三个定位螺栓。注意其中 1/2 档叉轴定位座长度较大。

20）用内六角套筒拧下惰轮轴螺钉，如图 4-3-23 所示。

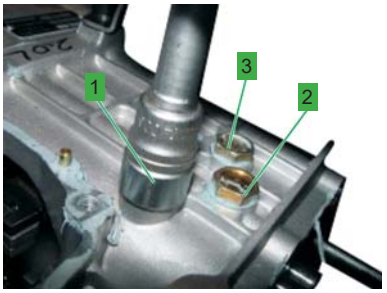


图 4-3-22　拧出定位螺栓

1—5/ 倒档叉轴定位座　2—3/4 档叉轴定位座　3—1/2 档叉轴定位座

图 4-3-23　拧下惰轮轴螺钉

21）拧下变速器壳体螺栓，如图 4-3-24 所示。

22）拧下离合器壳体螺栓，如图 4-3-25 所示。

图 4-3-24 拧下变速器壳体螺栓

图 4-3-25 拧下离合器壳体螺栓

23）两手抬起变速器壳体，将变速器总成悬空，用铜棒砸输入轴和输出轴，将变速器壳体和 5 档轴套取下，如图 4-3-26 所示。

24）取下倒档惰轮总成，如图 4-3-27 所示。

图 4-3-26 取下变速器壳体和 5 档轴套

图 4-3-27 取下倒档惰轮总成

25）拧出倒档拨叉机构总成螺栓，取下倒档拨叉，如图 4-3-28 所示。

26）用卡钳取下开口挡圈，如图 4-3-29 所示。

图 4-3-28 取下倒档拨叉

图 4-3-29 取下开口挡圈

27）双手握住输入轴总成、输出轴总成及 1/2、3/4、5/ 倒档叉轴，并一起取出。最后取出差速器总成，如图 4-3-30 所示。

图 4-3-30　取出差速器总成

4.3.3 手动变速器检修

1. 轴承的检查

如图 4-3-31 所示，检查手动变速器输入轴和输出轴上的轴承表面有无烧蚀痕迹，并转动轴承检查是否有发卡或异响现象。若轴承表面有烧蚀发黑、脱碳现象或转动轴承时有发卡或异响现象则应更换轴承。

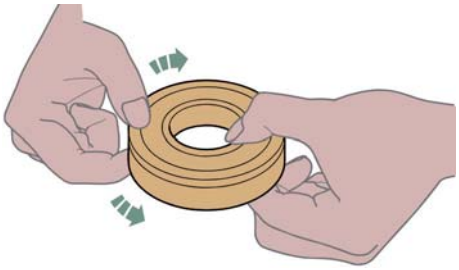


图 4-3-31　轴承的检查

2. 齿轮的检查

检查所有齿轮是否损坏，是否已经出现磨损和裂纹，并检查花键是否损坏和磨损，如图 4-3-32 所示。

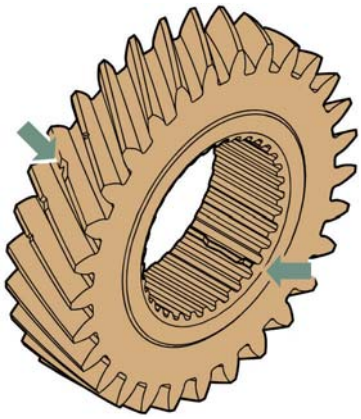
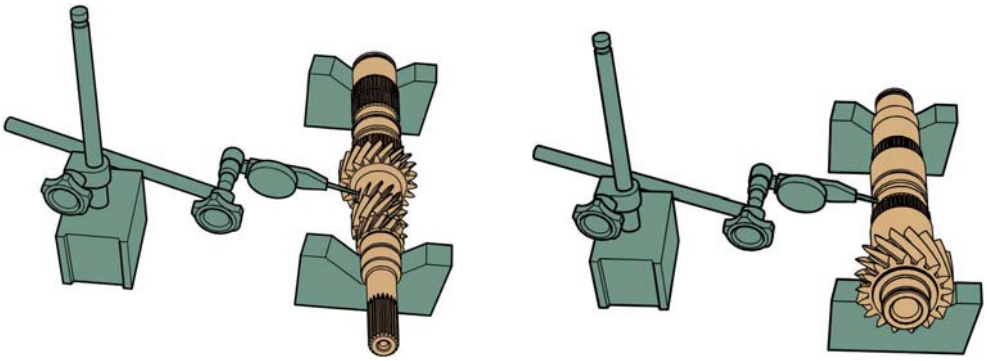


图 4-3-32　齿轮的检查

3. 输入轴和输出轴检查

首先目测输入轴和输出轴是否有异常磨损，使用百分表和支架分别检查输入轴（图 4-3-33a）、输出轴（图 4-3-33b）的跳动量。吉利帝豪 GS 车型 6MT186FFE 手动变速器输入轴和输出轴的跳动量最大值为 0.03 mm。其他车型数据参见相关车型维修资料。



a）检查输入轴　　b）检查输出轴

图 4-3-33　输入轴和输出轴的检查

4. 同步环检查

（1）目视检查

检查所有档位同步环是否异常磨损或出现裂纹，检查锥面是否磨损或有裂纹。若有磨损或出现裂纹则必须更换。

（2）同步环与齿轮侧面间隙的检查

如图 4-3-34 所示，将同步环平放在齿轮中，使用塞尺沿周围测量同步环与齿轮侧面的间隙。吉利帝豪 GS 车型 6MT186FFE 手动变速器各档位同步环与齿轮侧面的间隙如下：

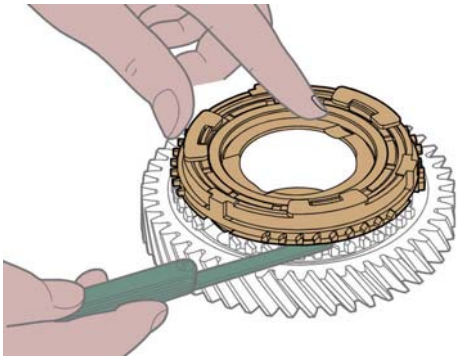


图 4-3-34　同步环与齿轮侧面间隙的检查

1 档从动齿轮同步环后备量：0.950~1.850mm。

2 档从动齿轮同步环后备量：0.950~1.850mm。

3 档主动齿轮同步环后备量：0.810~1.310mm。
4 档主动齿轮同步环后备量：0.810~1.310mm。
5 档主动齿轮同步环后备量：0.960~1.460mm。
6 档主动齿轮同步环后备量：0.960~1.460mm。

5. 同步器齿毂部件检查

（1）目视检查

检查 1/2 档、3/4 档同步器齿毂和齿套操作情况，并检查同步器齿毂、滑块是否异常磨损或出现裂纹，若有则应更换相关部件。

（2）检查同步器齿套和换档拨叉的间隙

如图 3-4-35 所示，将换档拨叉与同步器齿套结合，使用塞尺检查同步器齿套和换档拨叉的间隙。吉利帝豪 GS 车型 6MT186FFE 手动变速器 1/2 档和 3/4 档同步器齿套和换档拨叉的间隙数值如下。

标准间隙：0.375~0.75mm。
最大间隙：0.95mm。

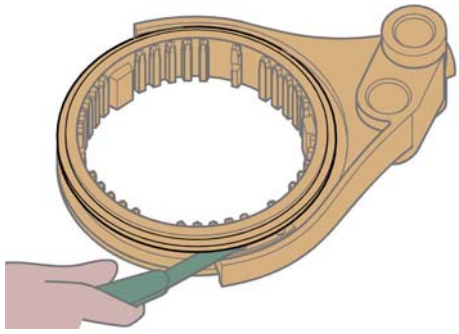


图 4-3-35　同步器齿套和拨叉的间隙

6. 输入轴直径检查

如图 4-3-36 所示，使用千分尺测量输入轴磨损情况，分别测量 A、B、C 三点表面直径，吉利帝豪 GS 车型 6MT186FFE 手动变速器输入轴数值如下。

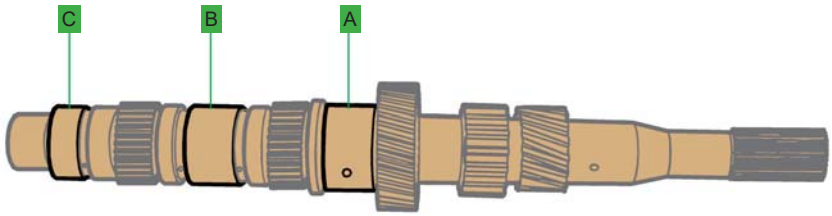


图 4-3-36　输入轴直径的检查

A 处最小直径：33.985mm。

B 处最小直径：33.985mm。
C 处最小直径：30.985mm。

4.3.4 手动变速器常见故障

手动变速器是汽车传动系统的主要部件，它的故障会直接影响车辆的行驶性能、乘坐舒适性及燃油经济性。当前，许多汽车上的手动变速器内部元件出现故障后，需要按照汽车生产厂商的要求，以总成更换的方式进行维修。

手动变速器常见故障现象包括换档困难、跳档、乱档、卡档、漏油、异响等，这些故障都会严重影响手动变速器的正常工作，同时还会产生安全隐患。

1. 换档困难

换档困难指手动变速器不能顺利地挂入档位，或无法挂档，同时伴有齿轮撞击声。换档困难的根本原因是待啮合轮齿的圆周速度不相等，或拨叉轴及拨叉阻力过大。具体检查项目如下：

① 离合器是否调整不当或分离不彻底。
② 换档杆是否弯曲变形。
③ 操纵机构是否调整不当。
④ 拨叉轴是否弯曲变形。
⑤ 拨叉轴与支承孔配合是否过紧或锈蚀。
⑥ 同步器是否失效。
⑦ 自锁、互锁装置是否卡死。

2. 跳档

跳档是在汽车行驶过程中，尤其在加速或爬坡时，变速杆自动跳回空档位置。变速器跳档的根本原因是啮合齿轮在传递动力时产生较大的轴向力，从而脱离啮合，或啮合齿未能全齿宽啮合。具体检查项目如下：

① 变速器 / 发动机固定支座螺栓是否松动或断裂。
② 变速器离合器壳体是否对正或松动。
③ 换档拉索是否调整不当。
④ 拨叉是否弯曲或磨损。
⑤ 拨叉轴支承轴承是否磨损。
⑥ 拨叉轴自锁装置是否失效。
⑦ 接合齿圈或接合套花键齿是否磨损成锥形。
⑧ 齿轮轴向间隙是否过大。

3. 乱档

乱档指手动变速器实际挂入的档位与应挂入的档位不符，或原档位未退出，仍然能挂入另一个档位。变速器乱档的根本原因是操纵机构选档不正确或互锁装置失效。若能同时

挂入两个档，则应检查互锁装置。除此以外，还应检查以下项目：

① 操纵机构部分杆件是否变形或连接松动。

② 换档拉索是否调整不当。

③ 变速杆支承球头座是否松动。

④ 选换档控制器是否损坏。

4. 卡档

卡档指变速器卡在某个档位，无法回到空档。变速器卡档的根本原因是接合套与接合齿圈不能正常分离，具体检查项目如下：

① 拨叉轴是否弯曲卡死。

② 同步器滑块是否堵塞。

③ 齿轮轴向定位卡簧是否脱落。

另外，根据变速杆是否操作自如，具体检查项目可适当调整。若变速杆操作自如，则应检查齿轮轴向定位卡簧或拨叉紧固销钉是否脱落，否则应检查操纵机构或同步器。

5. 漏油

漏油指手动变速器内的手动变速器油从变速器壳体接合面、轴承盖等位置渗漏出来。手动变速器油泄漏的主要原因是手动变速器油加注过多、密封不良或其内部压力过高等。具体检查项目如下：

① 通气孔是否堵塞。

② 手动变速器油油量是否过多。

③ 变速器固定支座紧固螺栓是否松动。

④ 油封是否损坏。

⑤ 密封垫或密封胶是否失效。

⑥ 接合面是否变形。

⑦ 壳体是否有裂纹。

6. 异响

异响指手动变速器在工作过程中发出不正常的响声。手动变速器异响的根本原因是变速传动机构间隙偏大、松旷，齿轮 / 花键等啮合不正确，或润滑不良。具体检查项目如下：

① 变速器缺油或手动变速器油规格是否正确。

② 齿轮轮齿是否磨损严重。

③ 齿轮内孔是否磨损严重。

④ 齿轮轮齿是否折断或齿面剥落、缺损。

⑤ 齿轮端面跳动量是否偏大。

⑥ 轴承是否磨损严重。

⑦ 输入轴、输出轴等是否弯曲变形。

⑧ 花键是否过度磨损。

⑨ 自锁装置是否损坏。

另外，变速器响声特征是诊断异响原因的重要线索：

① 如果手动变速器在任何档位（包括空档）均发出无节奏的“呼隆”声，且车速越快响声越大，但在空档时踩下离合器踏板，响声消失，则故障在输入轴轴承。

② 如果手动变速器在任何档位（不包括空档）均发出无节奏的“呼隆”声，且车速越快响声越大，但在空档时不响，则故障应在输出轴或中间轴轴承。

③ 如果汽车行驶中换档有撞击声，表明同步器或自锁装置损坏。

④ 发动机怠速运转，空档有尖锐的金属撞击声。如果响声均匀，则是常啮合齿轮齿面磨损过量，造成啮合或配合间隙过大。如果响声不均匀，则是常啮合齿轮齿面损伤变形，齿轮折断或齿轮轴变形。

⑤ 发动机怠速运转，空档时无异响，但挂入其他档位有异响。如果响声均匀，则是相应档齿轮的齿面磨损过度，造成啮合或配合间隙过大。如果响声不均匀，则是相应档齿轮的齿面损伤变形、齿轮折断或齿轮轴变形。

4.4 行星齿轮自动变速器

4.4.1 行星齿轮自动变速器基本构造

行星齿轮自动变速器一般由液力变矩器、齿轮机构、液压系统、换档控制系统和换档操纵机构五部分组成，如图 4-4-1 所示。

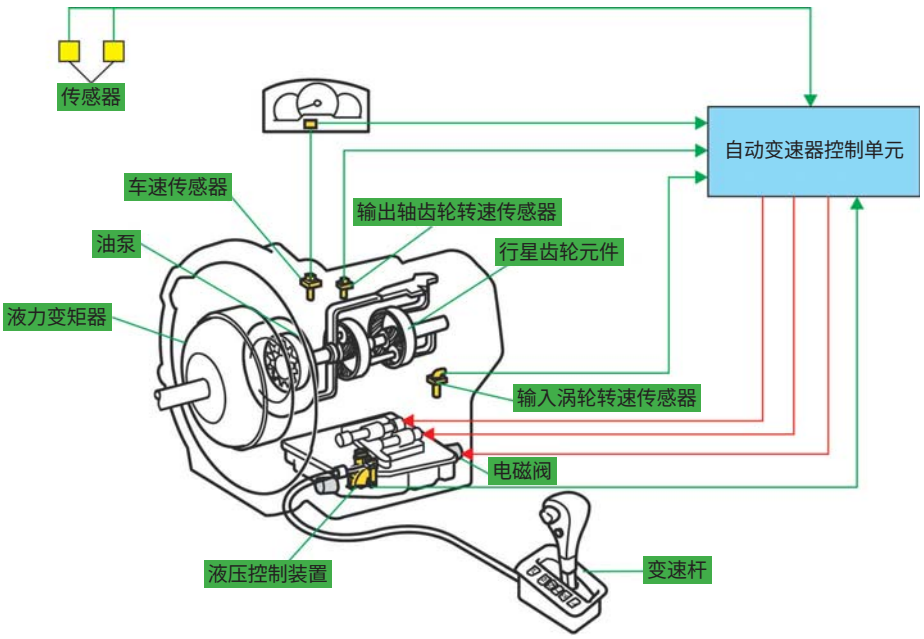


图 4-4-1 行星齿轮自动变速器

1. 液力变矩器

液力变矩器是一种将动力从发动机曲轴传递给变速器输入轴的液力传动装置，它能在发动机和变速器之间提供平稳传递转矩的液力连接。

液力变矩器有四个主要的组成部件，分别是泵轮、涡轮、导轮和锁止离合器。

泵轮与变矩器壳体构成一个整体，如图 4-4-2 所示。变矩器壳体通过螺栓紧固到发动机挠性盘上，转速与发动机曲轴相同。

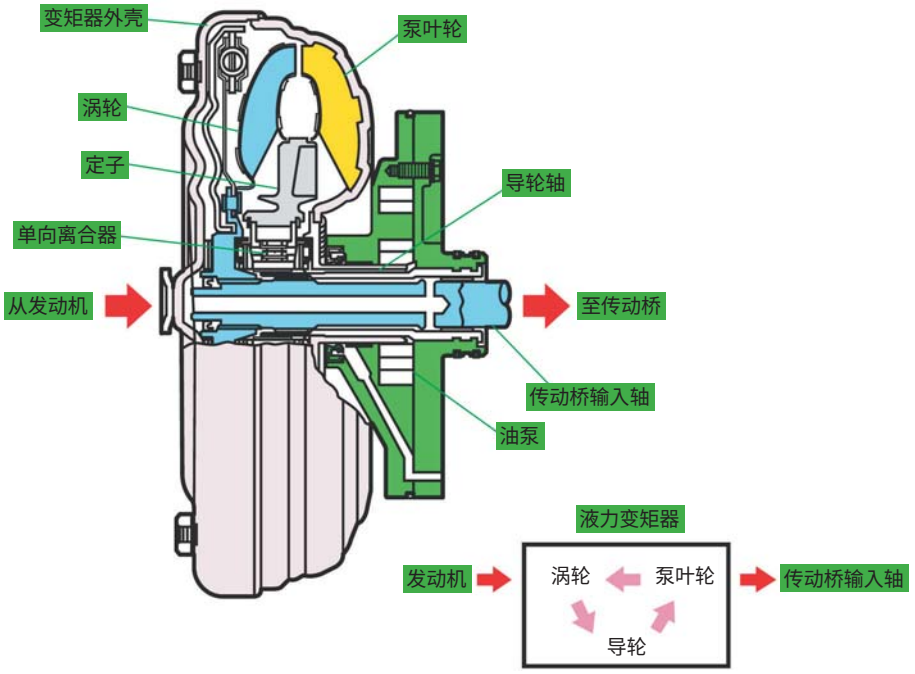


图 4-4-2　液力变矩器的组成

涡轮通过花键连接到变速器输入轴。泵轮搅动自动变速器油，使自动变速器油撞击涡轮叶片，从而使涡轮旋转，涡轮再带动变速器输入轴旋转。

导轮安装于泵轮和涡轮之间，带有单向离合器。导轮通过单向离合器与固定轴相连，单向离合器使导轮只能与泵轮同向旋转，不能反向旋转。液力变矩器工作原理如图 4-4-3 所示。

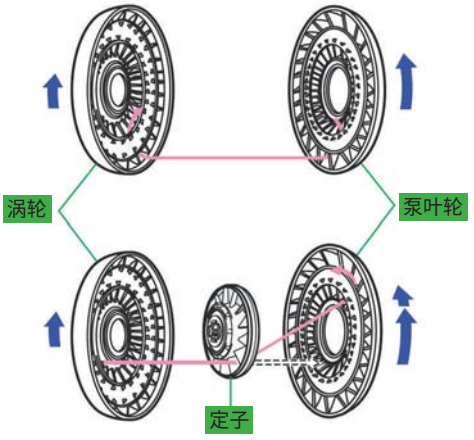


图 4-4-3　液力变矩器工作原理

2. 行星齿轮组

（1）概述

一个或一个以上齿轮除绕自身轴线自转外，还绕另一齿轮的固定轴线回转的齿轮传动方式称为行星齿轮传动。

如图 4-4-4 所示，行星齿轮传动作为齿轮传动的一种类型，结构紧凑，常用作自动变速器的传动机构，它能简单、高效地实现变速器各档位的动力传递。

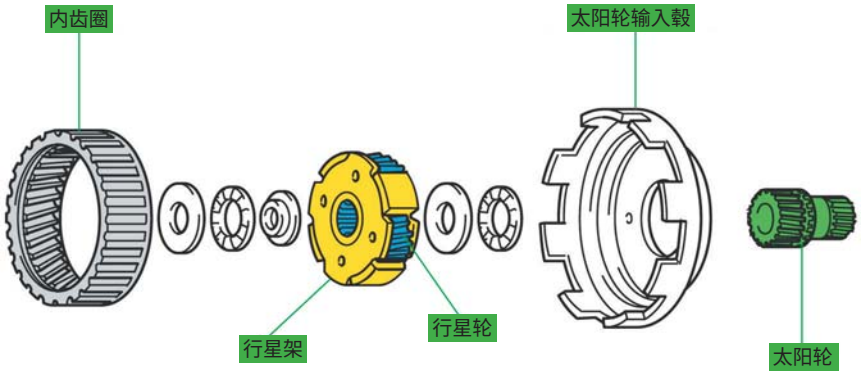


图 4-4-4　行星齿轮组结构

（2）简单的行星齿轮组

行星齿轮组由内齿圈、太阳轮、行星轮和行星架组成，如图 4-4-5 所示。

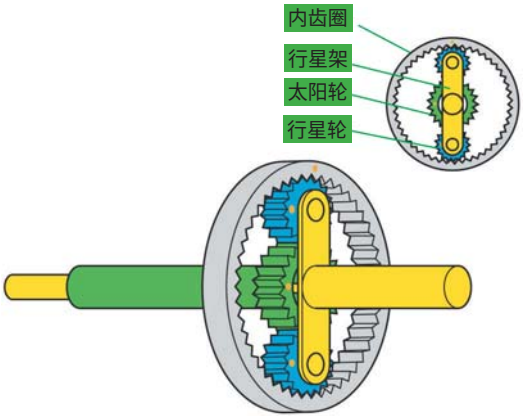


图 4-4-5　简单行星齿轮组工作原理

① 内齿圈：位于齿轮组最外面，内侧有齿且与行星架上的行星轮啮合。
② 太阳轮：位于齿轮组中心，外侧有齿且与行星架上的行星轮啮合。
③ 行星轮：介于太阳轮与内齿圈之间。
④ 行星架：支承行星轮的金属架，其上的行星轮与太阳轮和内齿圈啮合。

在简单行星齿轮组中，以单排单级为例，太阳轮、内齿圈、行星架三个元件中的任意一个固定，另外两个中的任意一个作为输入或输出元件，可实现不同的传动方式。而如果将三个元件中的任意两个刚性连接，锁定在一起作为输入元件，另一个作为输出元件，则可实现直接传动。行星齿轮组的减速、加速和反向（倒车）传动，分别如图 4-4-6、图 4-4-7 和图 4-4-8 所示。

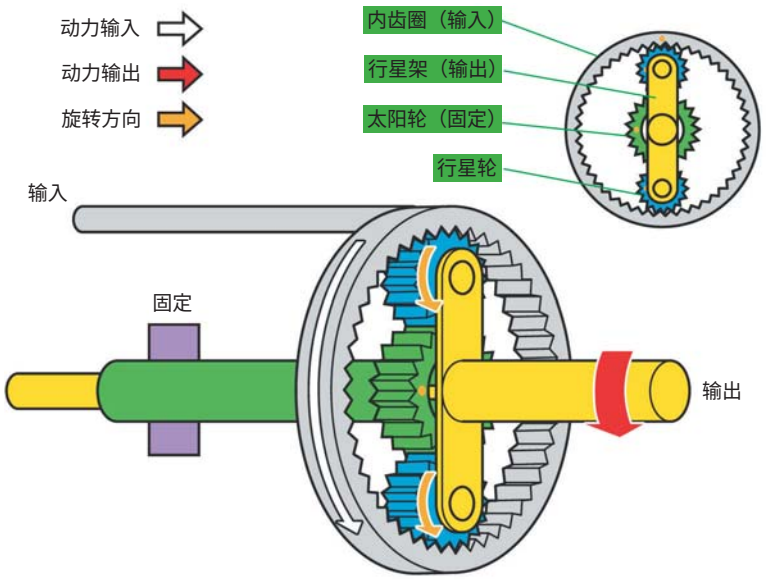


图 4-4-6　行星齿轮的减速传动

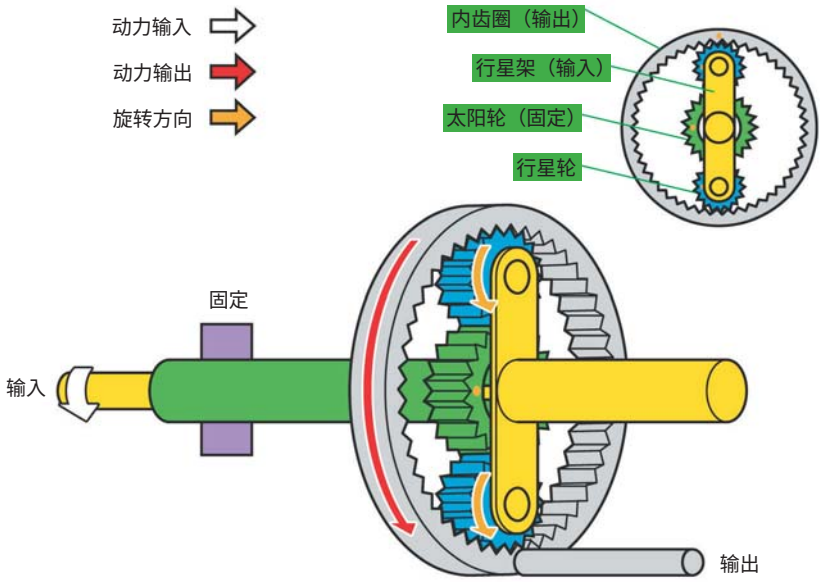


图 4-4-7　行星齿轮的加速传动

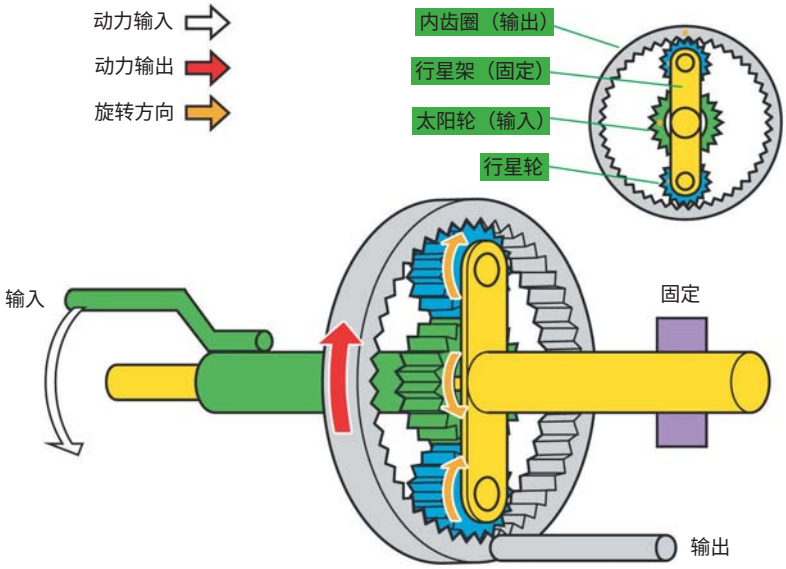


图 4-4-8　行星齿轮的反向（倒车）传动

3. 液压供给装置——油泵

油泵通常安装在液力变矩器的后部，由变矩器毂上的键驱动。有些自动变速器的油泵与液力变矩器及变速器输入轴不是同轴安装的，而由液力变矩器通过链条驱动。油泵的外观和结构如图 4-4-9 所示。

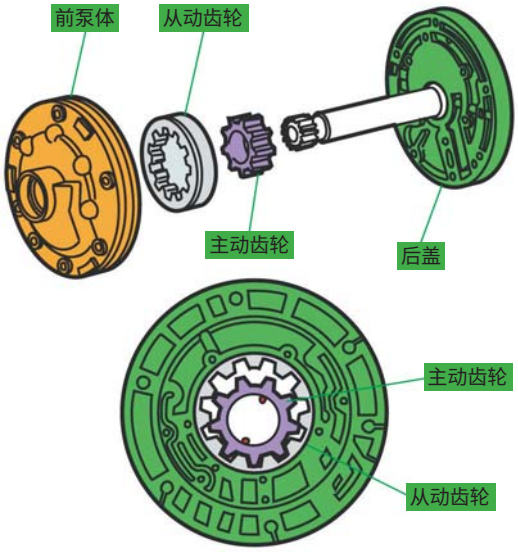


图 4-4-9　油泵外观及结构

发动机曲轴通过挠性盘与液力变矩器相连，而液力变矩器通过变矩器毂上的键与油泵驱动齿轮或链轮相连。发动机运行中，油泵可提供自动变速器正常工作所需的油压。

4. 液压控制装置——阀体

阀体主要由液压滑阀、球阀、弹簧和油道组成。阀体的作用是调节和引导油流，控制输出到不同液压执行装置的油压，以实现换档。阀体一般由上阀体和下阀体两部分组成，上阀体和下阀体由隔板隔开。其中，隔板上装有用于控制两个阀体之间自动变速器油流量的开口。阀体组成如图 4-4-10 所示。

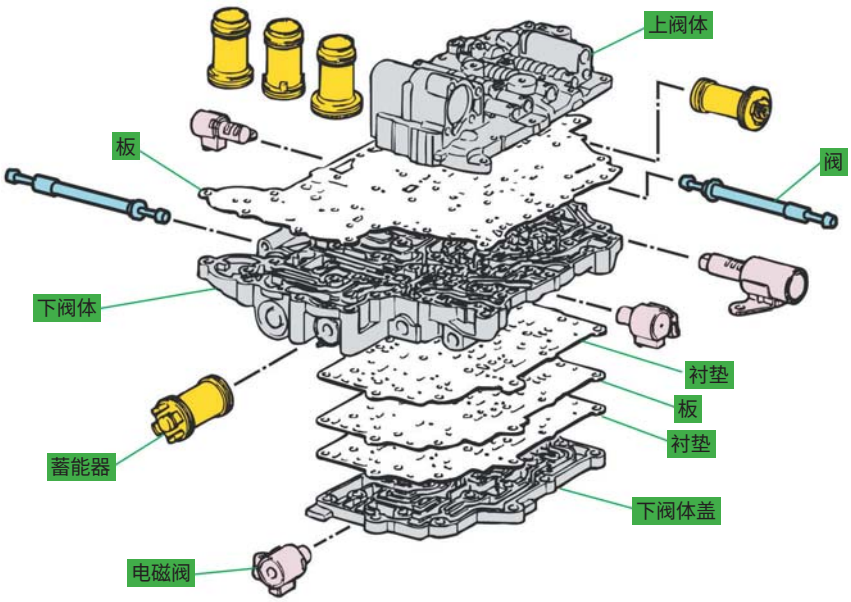


图 4-4-10　阀体组成

阀体中使用的液压控制阀基本都是滑阀。滑阀用于调节自动变速器油压力和改变阀体内部油道中自动变速器油的流向。滑阀沿阀孔滑动，每个滑阀都有两个或更多与阀孔内壁配合的台肩。这些配合面既要配合紧密以防自动变速器油泄漏，又要保证滑阀在阀孔内自由移动。阀体内的多数滑阀都是一侧装有弹簧，而液压作用在另一侧。当液压力大于弹簧力时，滑阀被推向弹簧一侧。此外，还会使用若干球阀来对液压进行控制。

5. 多片离合器

多片离合器由摩擦片、钢片、离合器活塞、离合器毂和卡环等组成，如图 4-4-11 所示。多片离合器能承受较大的转矩。活塞通过回位弹簧回位，回位弹簧由卡环定位。多片离合器中的钢片和摩擦片交替安装，摩擦片的两面有摩擦材料，而钢片两面光滑，没有摩擦材料。也有部分自动变速器的多片离合器采用单面带摩擦材料的摩擦片。

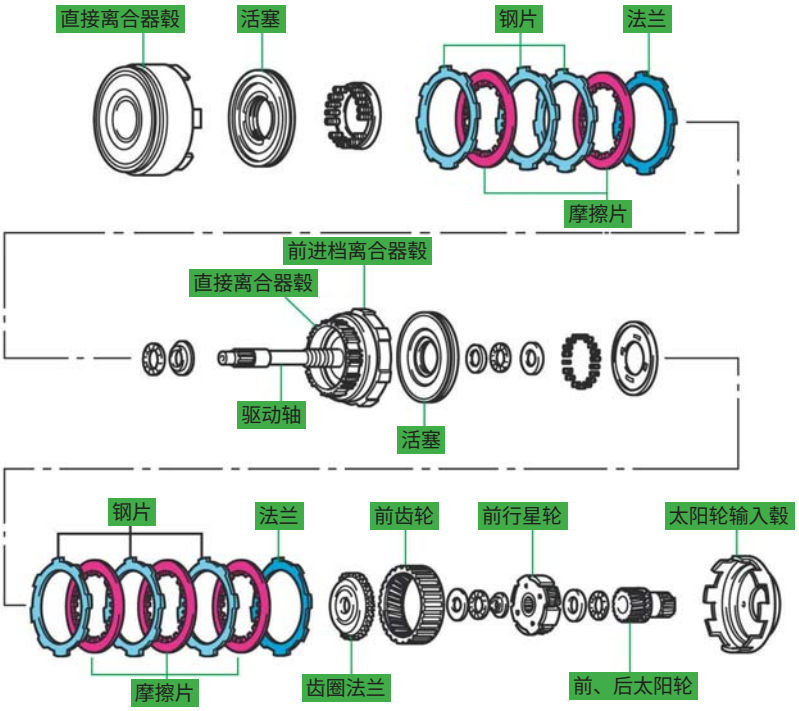


图 4-4-11　多片离合器组成

6. 单向离合器

单向离合器除用于液力变矩器的导轮外，还用于齿轮机构中。齿轮机构中的单向离合器又称“超越离合器”，用来实现转矩的单向传递。单向离合器的结构如图 4-4-12 所示。

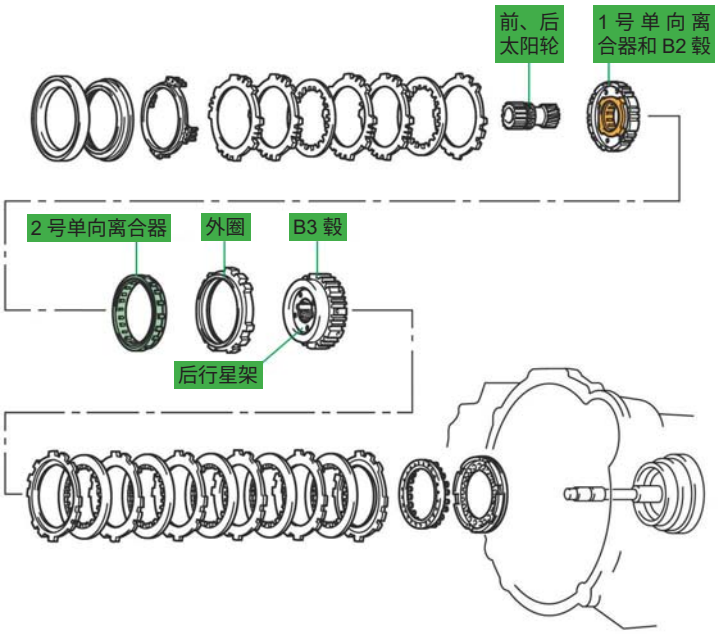


图 4-4-12　单向离合器结构

4.4.2 行星齿轮自动变速器维护

1. 自动变速器外观检查

自动变速器的拆卸和检测

检查自动变速器是否漏油，线束插头是否有松动、腐蚀现象，如图 4-4-13 所示。

检查自动变速器换档拉索是否松动。操作自动变速器变速杆，检查换档拉索是否有发涩现象，检查换档拉索是否破损，如图 4-4-14 所示。

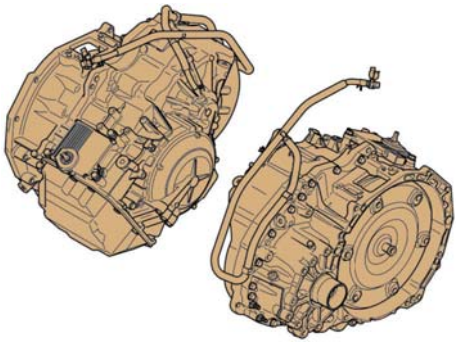


图 4-4-13　自动变速器外观检查

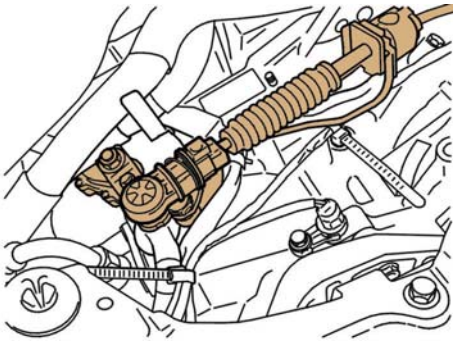


图 4-4-14　换档拉索检查

2. 自动变速器油油位检查

注意：

自动变速器油的温度对油位影响较大，因此只有自动变速器油温度处于 35~50℃时检查的油位才最准确。检查油位时车辆一定要处于水平位置。

1）连接故障诊断仪，起动发动机，保持怠速，使用诊断仪读取自动变速器油温度数据，油温达到 50℃，关闭发动机，将变速杆置于 N 位。

2）举升车辆，并在自动变速器油油位检查螺塞（图 4-4-15）下安放容器，拧开自动变速器油油位检查螺塞。

3）此时若有自动变速器油从螺孔中流出，则说明自动变速器油油位正常。若没有自动变速器油从螺孔中流出，则说明油位过低，需按规定添加自动变速器油。

4）安装油位检查螺塞，并按规定力矩拧紧。

3. 自动变速器油的更换

目前，大部分车辆的自动变速器均可免维护，但自动变速器油仍需定期更换，一般每行驶 60000~80000km 更换一次，具体周期请参照车辆保养手册。

1）举升车辆，拆卸发动机下护板，在图 4-4-16 所示的放油螺塞下安放容器，松开放油螺塞，将自动变速器油完全排净。

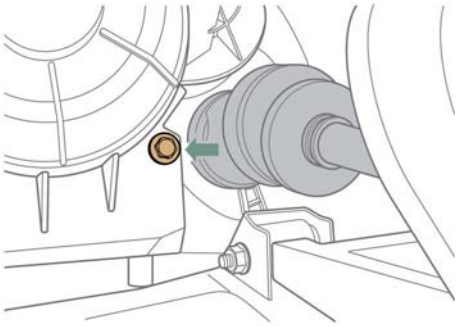


图 4-4-15　自动变速器油油位检查螺塞

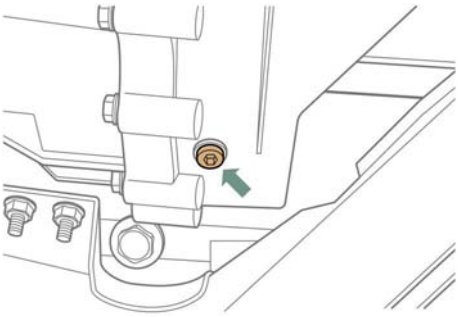


图 4-4-16　自动变速器油放油螺塞

2）拧下自动变速器油油位检查螺塞，并从螺塞孔处向自动变速器内添加自动变速器油。

3）按照车辆保养手册中标注的容量加注自动变速器油后，再次检查自动变速器油油位。

4.5 双离合变速器

4.5.1 双离合变速器基本构造

1. 基本原理

双离合器自动变速器简称双离合变速器，内含两组自动控制的离合器，电控液压装置能同时控制两组离合器的运作，其结构如图 4-5-1 所示。双离合变速器运作时，总是同时有两组齿轮处于啮合状态，而只有一组离合器处于接合状态，因此能保证换档过程中无动力中断，实现高效的传动过程。

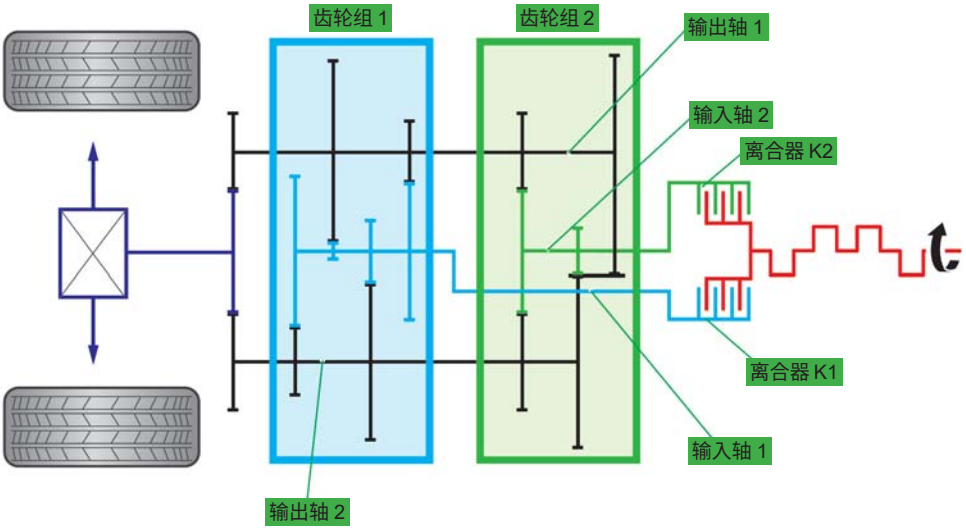


图 4-5-1　双离合变速器结构

2. 双离合器原理

目前，常用的双离合器有干式和湿式两种。干式双离合器结构相对简单，但长时间工作可能过热，降低运行的可靠性。湿式双离合器的离合器片浸在双离合变速器油中，可更好地散热，工作可靠性高，但结构相对复杂。

（1）干式双离合器

干式双离合器由两组类似于手动变速器的离合器组件组装而成，包含两个离合器摩擦片、两个压盘和两个离合器分离杆。干式双离合器的结构如图 4-5-2 所示。

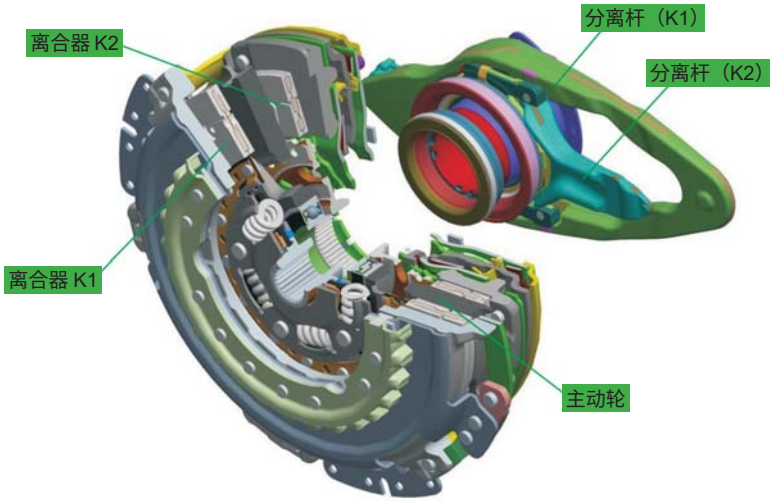


图 4-5-2　干式双离合器结构

两组离合器分别将转矩传递给两组齿轮机构。离合器位置包括以下两种：

① 发动机停机和怠速时，两组离合器都分离。

② 行驶过程中，两组离合器总是一个接合，另一个分离。

离合器通过花键与变速器的输入轴相连，磨损后可自动进行调整。通过离合器执行器将带有离合轴承的分离杆压在蝶形弹簧上，从而将离合器压盘压在旋转着的主动轮上。

（2）湿式双离合器

湿式双离合器浸在双离合变速器油中运转。湿式双离合器的结构如图 4-5-3 所示。

通过从动盘将发动机转矩传递到位于外膜片体处的两个离合器上。外膜片体与膜片式离合器的主轮毂焊接，因此始终可实现动力传递。

每个离合器单元都由钢膜片和摩擦片组成，接合后可将转矩传递到离合器 K1 或者离合器 K2 的内膜片体上。

这些钢膜片与离合器的外膜片体紧密地连接在一起，摩擦片与内膜片体也是如此。

膜片单元被液压力压合在一起，将内膜片体的转矩通过啮合齿传递到相应的输入轴上。

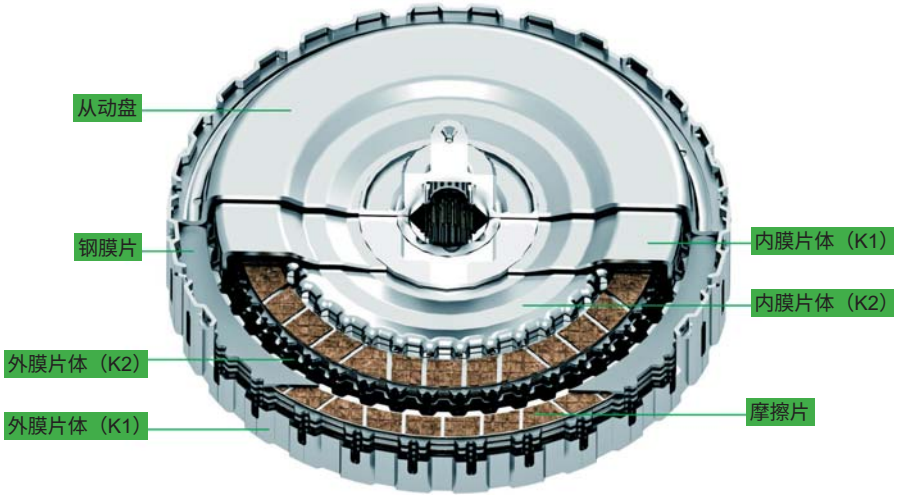


图 4-5-3　湿式双离合器结构

3. 输入轴（以大众 DQ380、DQ500 为例）

输入轴作为一个紧凑的单元布置在变速器外壳内。输入轴 2 是中空的，输入轴 1 穿过中空的输入轴 2 运转。

输入轴 1 与离合器之间通过啮合齿相连。它根据挂入的档位将发动机转矩传递给输出轴。每根轴上都有滚动轴承，通过滚动轴承可将输入轴导入外壳内。输入轴结构如图 4-5-4 所示。

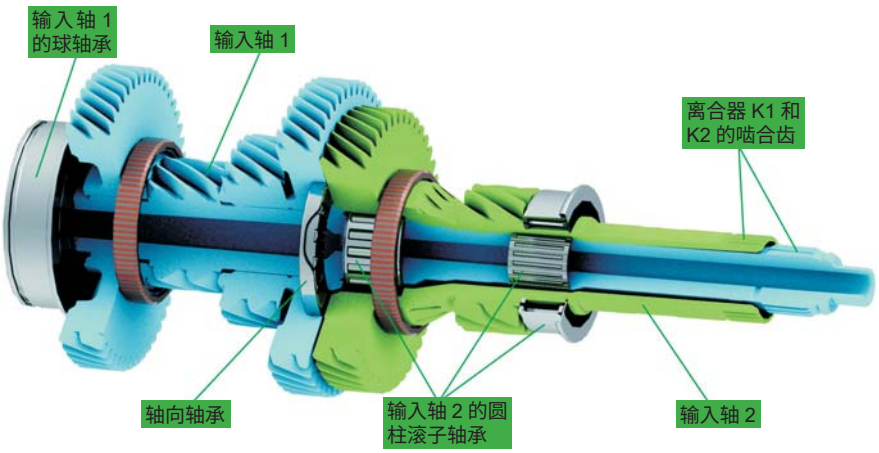


图 4-5-4　输入轴结构

（1）输入轴 1

输入轴 1 和离合器 K1 通过啮合齿相连。通过离合器可以在第 1、3、5 和 7 档之间切换。输入轴 1 上装有用于测量转速的传感器轮。输入轴 1 的结构如图 4-5-5 所示。

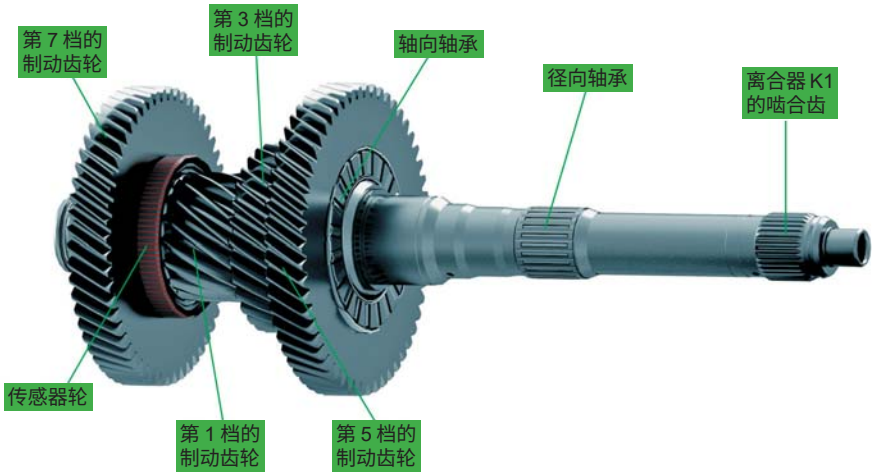


图 4-5-5　输入轴 1 的结构

（2）输入轴 2

输入轴 2 是空心轴，它与离合器 K2 通过啮合齿相连。通过输入轴 2 可以实现第 2、4、6 档和倒档之间的切换。输入轴 2 上也装有用于测量转速的传感器轮。输入轴 2 的结构如图 4-5-6 所示。

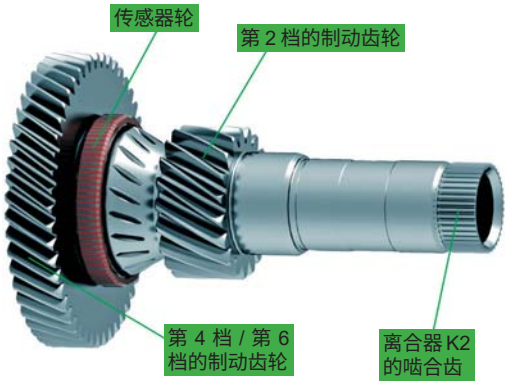


图 4-5-6　输入轴 2 的结构

4. 输出轴

在变速器外壳内有两根输出轴。根据所挂入的档位，发动机转矩由输入轴传递到相应输出轴上。每根输出轴上都有滑动齿轮，它可将转矩通过从动齿轮传递给主减速器主动齿轮。

（1）输出轴 1

输出轴 1 上安装有第 1、4、5 档和倒档的滑动齿轮、第 1 档和倒档的同步器（三倍同步器)、第 4 档和第 5 档的同步器（单倍同步器) 及停车制动器轮。输出轴 1 的结构如图 4-5-7 所示。

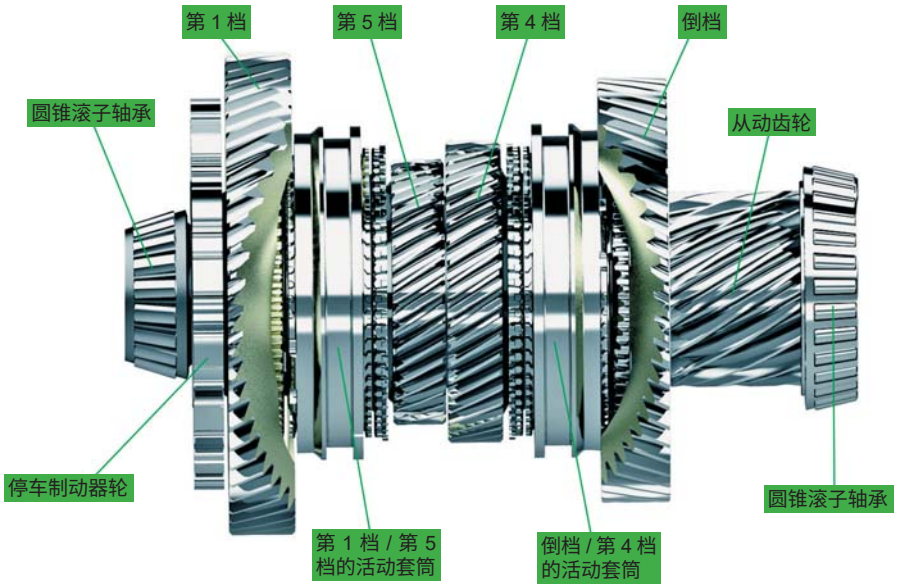


图 4-5-7 输出轴 1 的结构

（2）输出轴 2

输出轴 2 上安装有第 2、3、6 和 7 档的滑动齿轮、第 2 档和第 3 档的同步器（三倍同步器）及第 6 档和第 7 档的同步器（单倍同步器）。输出轴 2 的结构如图 4-5-8 所示。

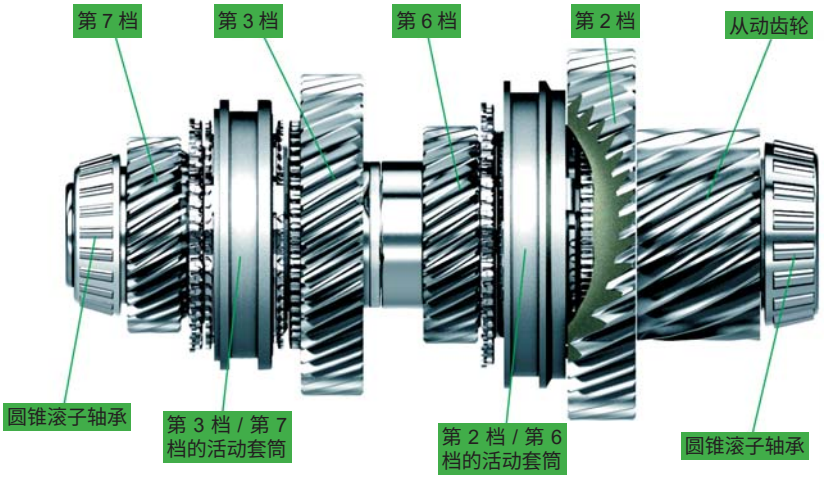


图 4-5-8 输出轴 2 的结构

4.5.2 双离合变速器的维修要点

1. 双离合变速器油检查

注意：

检查油位时，车辆一定要停放在水平位置。

1）举升车辆，在双离合变速器油油位检查螺塞下安放容器。松开图 4-5-9 所示的双离合变速器油油位检查螺塞。

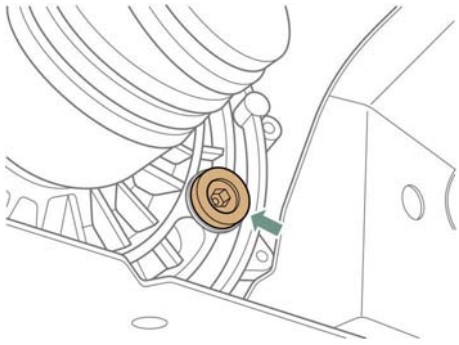


图 4-5-9　双离合变速器油油位检查螺塞

2）若有双离合变速器油从检查孔内流出，则油位正常，重新紧固油位检查螺塞。若没有双离合变速器油从检查孔内流出，则油位过低，需加注双离合变速器油，直至有双离合变速器油从检查孔内流出为止。

3）安装油位检查螺塞，并按规定力矩紧固。

2. 双离合变速器油的更换

1）举升车辆，并在图 4-5-10 所示的双离合变速器油油位检查螺塞下安放容器。松开双离合变速器油油位检查螺塞，将双离合变速器油完全排出。

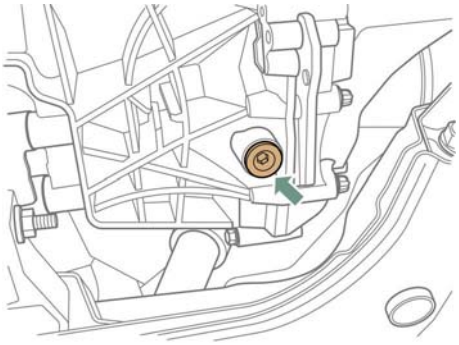


图 4-5-10　双离合变速器油油位检查螺塞

2）添加规定量的双离合变速器油。

3）油位高度以油位检查螺塞下沿为准，如图 4-5-11 所示。

4）再次检查油位是否符合规定。

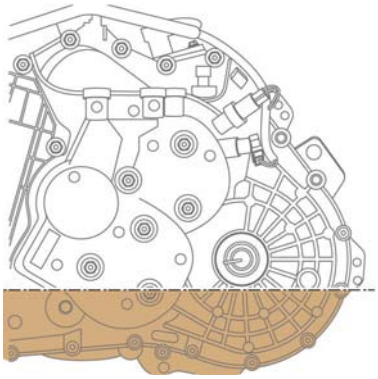
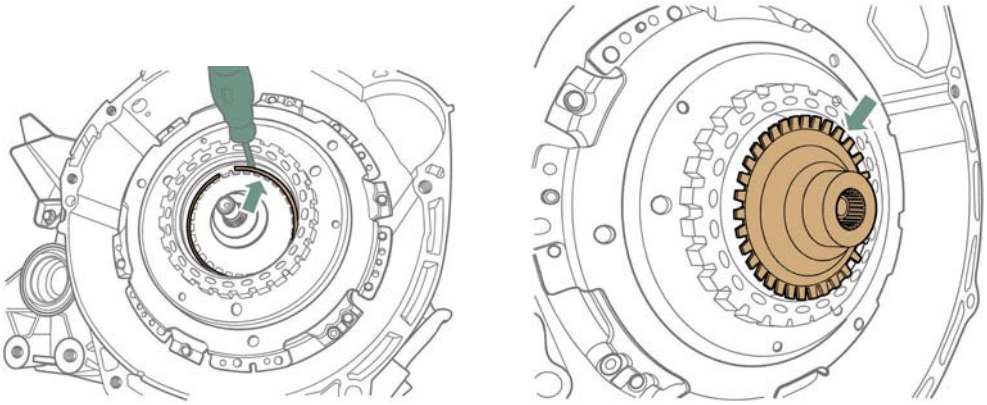


图 4-5-11　油位高度

3. 双离合器的拆卸

1）将双离合变速器与发动机分开，放置在工作台或拆装台架上。

2）使用螺钉旋具在图 4-5-12a 箭头所示的卡环开口处向外轻轻撬动，释放卡环，并取出。再将图 4-5-12b 所示的小齿轮取出。



a）拆除卡环　　b）取出小齿轮

图 4-5-12　拆除卡环并取出小齿轮

3）如图 4-5-13 所示，使用卡簧钳拆卸双离合器卡簧。

4）如图 4-5-14 所示，将三爪拉拔器安装在双离合器上，使用扳手转动拉器螺栓，将离合器总成从变速器壳体中拉出，并取下离合器。

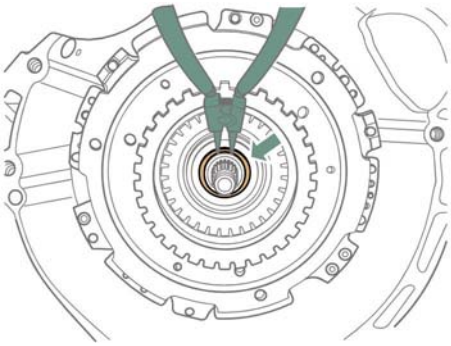


图 4-5-13　拆卸双离合器卡簧

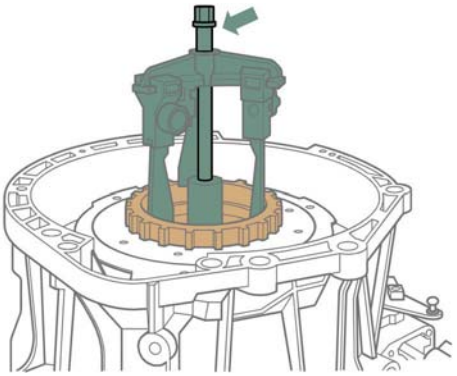


图 4-5-14　使用三爪拉拔器拉出离合器

5）分别取下双离合器的两个分离轴承及支架，如图 4-5-15 所示。

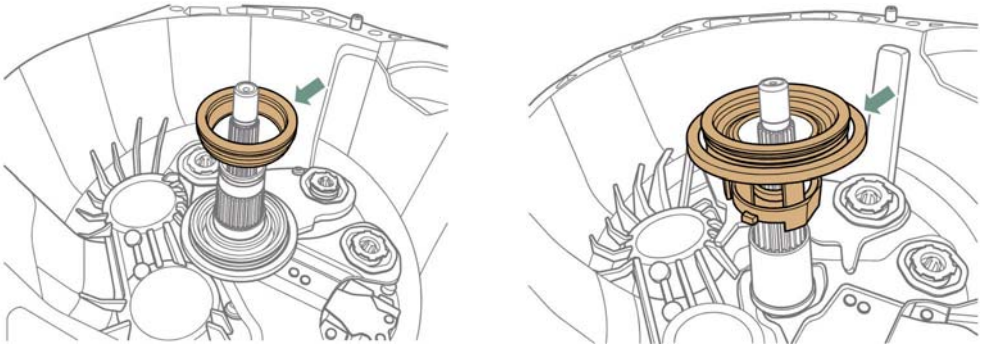


图 4-5-15　取出分离轴承及支架

6）分离轴承的检查

如图 4-5-16 所示，检查轴承表面有无烧蚀痕迹，并转动轴承检查是否有发卡或异响，如有则更换分离轴承。

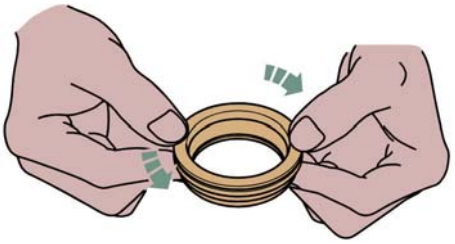


图 4-5-16　分离轴承的检查

4. 双离合变速器部件的检测

双离合变速器输入轴、输出轴、同步器、齿轮的检测方法参考本书 4.3 节的内容，标准数据参见相关变速器技术资料。

4.6 主减速器、差速器与传动轴

4.6.1 主减速器、差速器基本原理

发动机的动力经过变速器后，必须经过主减速器和差速器才能传递给车轮。对于前轮驱动的汽车，主减速器和差速器一般安装在变速器壳体内。对于后轮驱动的汽车，主减速器和差速器一般安装在后驱动桥内。其中，主减速器的主要作用是减速增矩。在发动机纵置的汽车上，主减速器还具有改变转矩传递方向的作用。

1. 主减速器

主减速器装在变速器壳体内，没有专用的主减速壳体，总体称为“变速驱动桥”。变速器的输出轴即为主减速器的主动轴，动力由变速器直接传递给主减速器，省去了万向传动装置。乘用车和中小型载货车上大都采用单级式主减速器，如图 4-6-1 所示。

2. 差速器

汽车上广泛采用的差速器为对称式圆锥行星齿轮差速器，如图 4-6-2 所示。普通的对称式圆锥行星齿轮差速器由差速器壳（左右两侧各有一个）、半轴齿轮（两个）及行星齿轮（三个或四个，小型、微型汽车多采用两个）等组成，它具有结构简单、工作平稳、制造方便、质量较轻等优点。

差速器工作时，行星齿轮绕行星齿轮轴的旋转称为行星齿轮的自转。行星齿轮绕半轴轴线的旋转称为行星齿轮的公转。差速器依靠行星齿轮的自转与公转来改变转矩的传递方向。

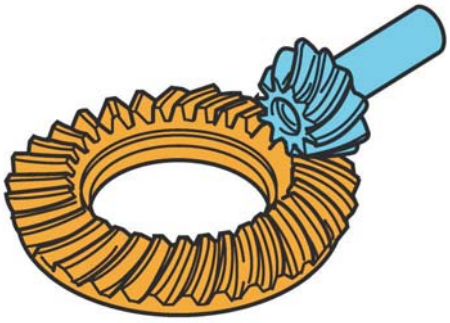


图 4-6-1　单级式主减速器

图 4-6-2　对称式圆锥行星齿轮差速器

防滑差速器可以提高汽车在湿滑路面上的通过能力，主要应用在越野车及中大型汽车上。防滑差速器的基本原理：当一个驱动轮打滑时，差速器切断打滑驱动轮的动力传递，将绝大部分动力传递给另一个驱动轮，使汽车能继续行驶。防滑差速器也称强制锁止式差速器，就是在对称式锥齿轮差速器上设置差速锁。当一侧驱动轮滑转时，可利用差速锁使差速器不起差速作用。防滑差速器结构如图 4-6-3 所示。

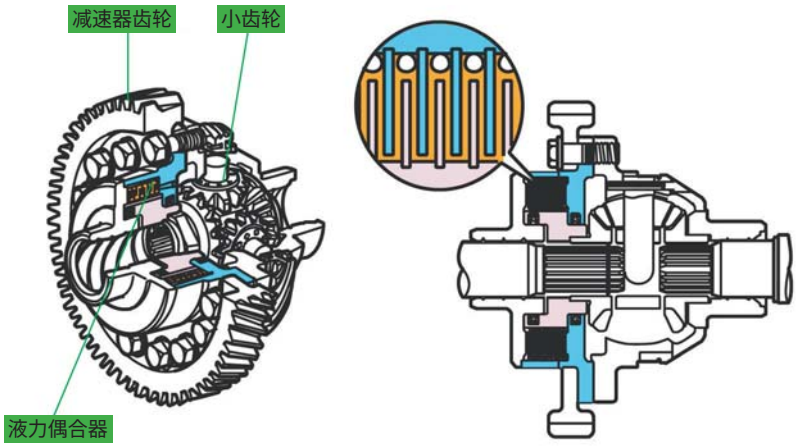


图 4-6-3　防滑差速器

4.6.2 传动轴基本组成

1. 传动轴

传动轴也称半轴，其总成主要由传动轴及其两端焊接的花键轴和万向节叉组成。转向驱动桥、断开式驱动桥或微型汽车的传动轴通常是实心的。传动轴中一般设有由滑动叉和花键轴组成的滑动花键，以实现传动长度的变化。

传动轴将来自变速器的转矩传递给驱动桥，以驱动车轮转动。前驱汽车的传动轴如图 4-6-4 所示。

图 4-6-4　传动轴

2. 万向节

万向节安装在转轴之间，可改变动力传递角度。按其在扭转方向上是否有明显弹性来区分，可分为刚性万向节和挠性万向节。刚性万向节按其运动特性可分为不等速万向节、准等速万向节和等速万向节。不等速万向节主要用于发动机前置后轮驱动汽车的变速器与驱动桥之间的传动，等速和准等速万向节主要用于发动机前置前轮驱动汽车的内、外半轴之间的传动。球笼式等速万向节结构如图 4-6-5 所示。

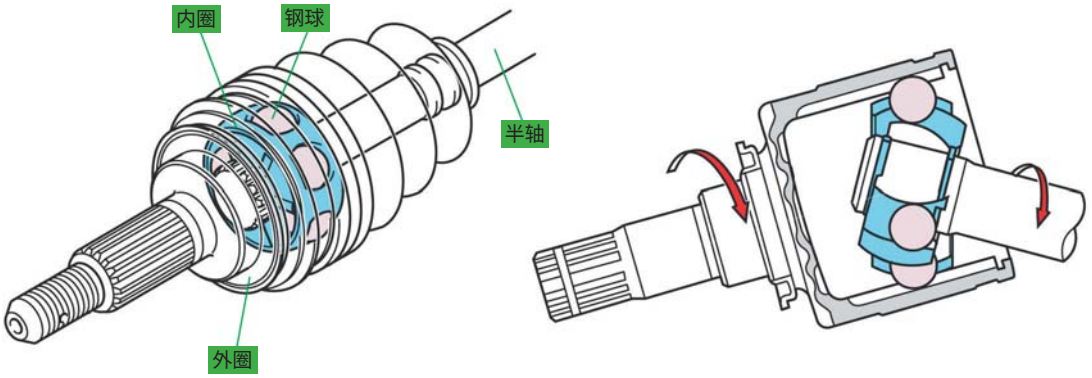


图 4-6-5　球笼式等速万向节的结构

4.6.3 主减速器、差速器维修要点

主减速器的检查与调整主要包括主减速器轴承预紧度的检查与调整、主从动锥齿轮啮合情况的检查以及啮合间隙的调整。

（1）轴承预紧度的检查与调整

主减速器齿轮的圆锥滚子轴承应有一定的装配预紧度，以减小传动过程中轴向力所引起的齿轮轴的轴向位移，保证锥齿轮副的正常啮合。检查轴承预紧度的方法因车而异，一般是在不安装油封和油封座的情况下，按照规定力矩紧固轴承螺栓后，若以 16~33 N 的拉力能使其转动，则轴承的预紧度是合适的。若不符合上述要求，则可增减调整垫片，直到合适为止。

（2）主从动锥齿轮啮合情况的检查

检查主从动锥齿轮啮合情况时，先在主动锥齿轮轮齿上涂红丹，然后用手使主动锥齿轮反复转动。此时，从动锥齿轮轮齿的两工作面上会出现红色印迹。若从动齿轮轮齿工作面上的印迹均位于齿高的中间位置，偏向齿的小端，且占齿面宽度的 60 % 以上，则为正确啮合。如果印迹不在上述位置，则可通过增减主减速器壳与主动锥齿轮轴承座之间的调整垫片数量来调整。

（3）主从动锥齿轮啮合间隙的调整

主减速器上一般有调整螺母，通过旋转调整螺母来改变从动锥齿轮的位置。调整后要测量轮齿的齿侧间隙，通常在 0.15~0.40 mm 范围内。若间隙大于规定值，则继续通过调整螺母使从动锥齿轮靠近主动锥齿轮，反之则远离。为保持已调好的圆锥滚子轴承的预紧度不变，一端螺母拧进的圈数应等于另一端螺母拧出的圈数。

4.6.4 传动轴维修要点

由于路况多变，万向传动装置很容易受到损伤，其故障主要表现为传动轴异响和万向节异响。如果是发动机前置后轮驱动的汽车，则万向传动装置的故障现象还包括中间支承的异响。

1. 传动轴异响的检修

在万向节技术状况良好时，如果传动轴在汽车行驶中发出周期性的响声，且车速越高响声越大，甚至伴随有车身振动，则应进行以下检查：

① 传动轴是否弯曲或传动轴管是否凹陷，若有弯曲，则按要求进行校正。

② 传动轴管与万向节叉是否焊接不正，或传动轴未进行动平衡试验和校准。

③ 伸缩叉安装是否错位。错位会造成传动轴两端的万向节叉不在同一平面内，不能满足等速传动的条件。若错位则重新安装。

2. 万向节异响的检修

如果万向节松旷，则在汽车起步或突然改变车速时，传动轴会发出“ 吭吭 ”的响声。而在汽车缓行时，会发出“ 咣哨、咣哨 ”的响声。出现此情况，应进行以下检查：

① 检查连接螺栓是否松动，若松动则按规定力矩紧固螺栓。

② 万向节主、从动部分配合间隙是否过大。若间隙过大则重新安装或调整。

③ 万向节十字轴磨损是否严重。若磨损严重则更换新件。

第5章

制动系统

Chapter 5

5.1 制动系统的基本组成与原理 151

5.2 盘式制动器 153

5.3 鼓式制动器 159

5.4 制动助力系统 163

5.5 制动控制系统 169

5.1 制动系统的基本组成与原理

汽车制动系统是强制车轮减速或停止转动的装置。按功能划分，汽车制动系统可分为行车制动系统和驻车制动系统两部分。行车制动系统在汽车行驶中使用，能使汽车减速或在最短的距离内停车，由驾驶人用脚来操纵。驻车制动系统在汽车停稳后使用，能使停在平地或斜坡上的汽车保持不动，通常由驾驶人用手来操纵，因此也被称为“手刹”。

液压式制动系统主要由操纵机构、制动助力系统、制动液压系统、制动力平衡控制装置、制动器和制动系统指示灯等组成，如图 5-1-1 所示。

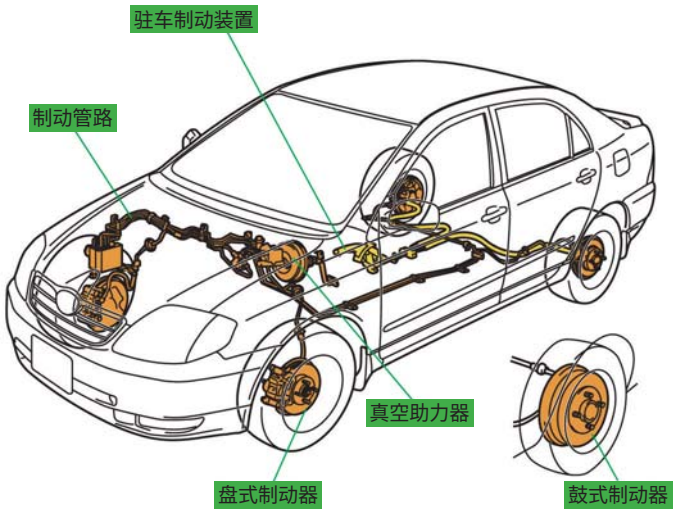


图 5-1-1　制动系统组成

（1）操纵机构

操纵机构将驾驶人施加在制动踏板上的力传递给制动主缸，如图 5-1-2 所示。操纵机构由制动踏板、推杆或具有传力作用的联动装置等组成。驾驶人踩下制动踏板时，制动踏板推动推杆，将作用力传递给制动主缸的活塞。

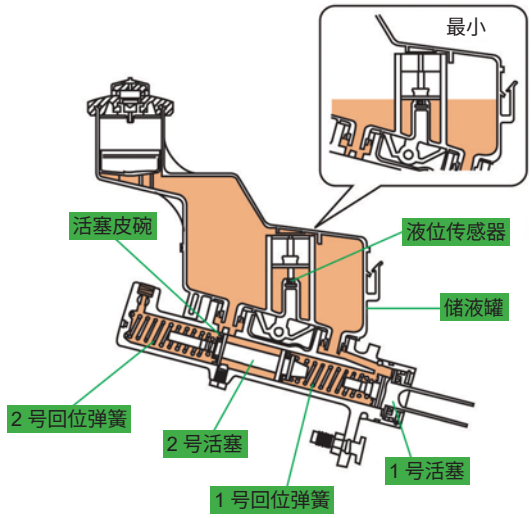


图 5-1-2　制动主缸

（2）制动助力系统

制动助力系统的作用力与制动踏板的作用力一起施加在制动主缸上，使车辆更快减速、停止，以降低驾驶人的操作强度。常用的制动助力系统是真空助力系统，如图 5-1-3 所示。它利用发动机或真空泵提供的真空与大气压力的差实现助力。

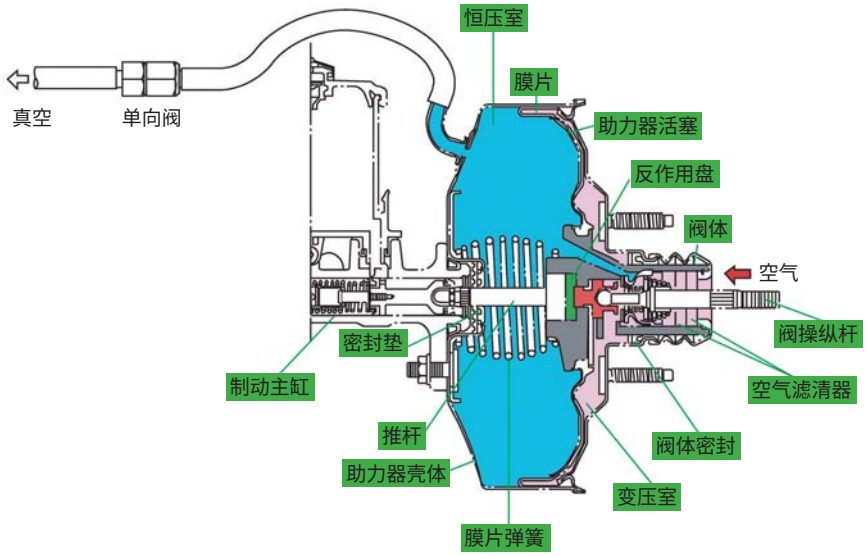


图 5-1-3　真空助力器

（3）制动液压系统

制动液压系统将制动踏板上的作用力转化成液压压力并传递给车轮制动器，它主要由制动主缸、储液罐、制动器、制动轮缸、制动钳、制动力调节装置、制动管路等组成，如图 5-1-4 所示。

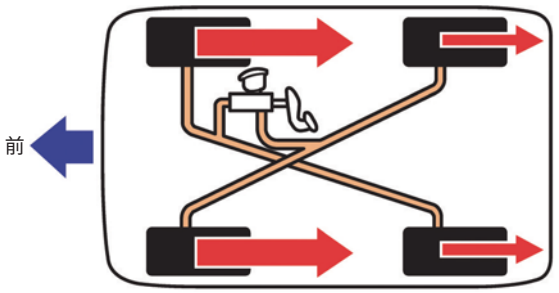
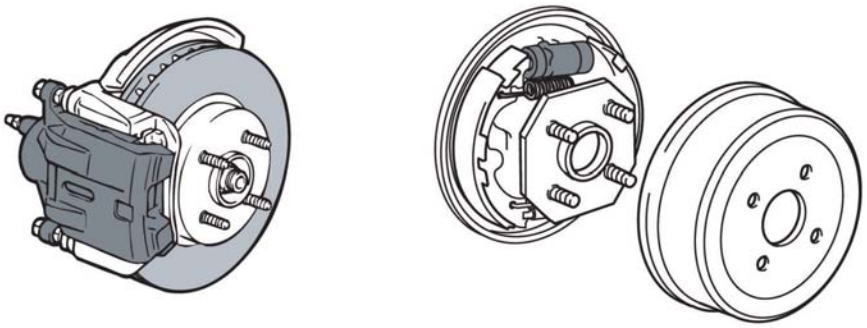


图 5-1-4　制动管路

（4）制动器

制动器是使车轮转速降低或停止转动的装置，按结构不同可分为鼓式制动器（图 5-1-5a）和盘式制动器（图 5-1-5b）。鼓式制动器多用于汽车后轮，主要由制动蹄、制动鼓等组成。盘式制动器多用于汽车前轮，主要由制动钳、制动摩擦片、制动盘和防溅板等组成。目前，大部分汽车的前后车轮均采用盘式制动器。



a）盘式制动器　　b）鼓式制动器

图 5-1-5　制动器

（5）电子制动系统指示灯

常见的制动系统指示灯包括制动系统故障警告灯、驻车制动指示灯、自动驻车指示灯、防抱死制动系统（ABS）指示灯、电子稳定控制系统（ESP）指示灯等，如图 5-1-6 所示。当制动系统出现故障或启用相关功能时，组合仪表上相应的指示灯会点亮。

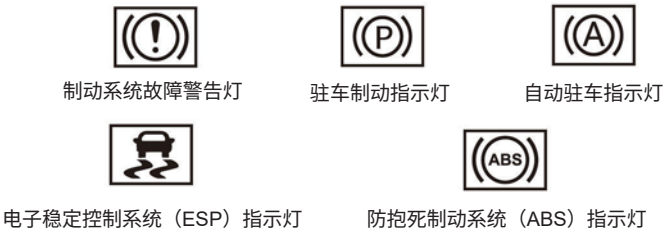


图 5-1-6　常见制动系统指示灯

（6）电子制动控制系统

汽车电子制动控制系统主要由防抱死制动系统（ABS）、电子制动力分配系统（EBD）、电子驻车制动系统（EPB）、液压制动辅助系统（HBA）、牵引力控制系统（TCS）、电子稳定控制系统（ESP）等组成。

5.2 盘式制动器

5.2.1 盘式制动器的组成与原理

盘式制动器可用于汽车前后轮的制动，它主要由制动钳、制动摩擦片、制动盘和防溅板等组成。制动盘固定在车轮的轮毂上，制动钳位于制动盘的上方，其内装有活塞，制动摩擦片位于制动钳和制动盘之间，如图 5-2-1 所示。

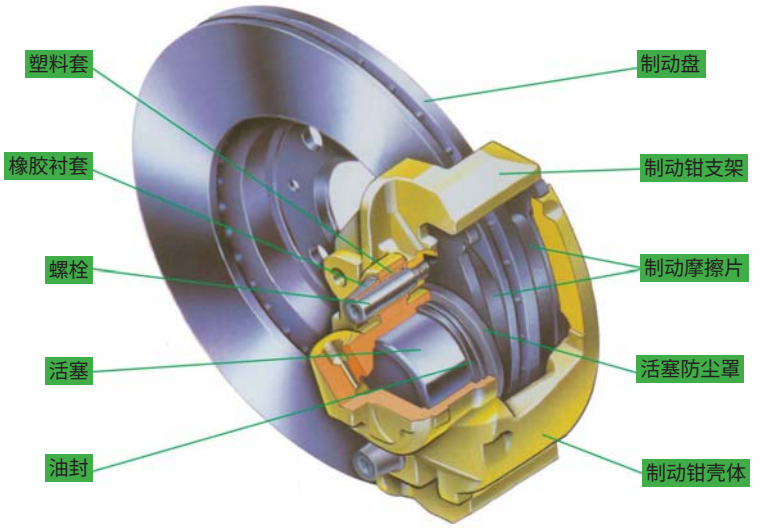


图 5-2-1　盘式制动器

驾驶人踩下制动踏板时，制动踏板上的作用力经制动助力器放大后传递到制动主缸。制动主缸产生高液压力，并通过制动管路传递给盘式制动器中的液压活塞。在液压力的作用下，液压活塞推动制动摩擦片压紧在制动盘上。制动摩擦片与制动盘之间的摩擦力迫使制动盘的转速下降，从而降低车轮转速，最终使车辆减速或停止。解除制动力时，液压力下降，液压活塞回位，制动摩擦片与制动盘分离，两者间的摩擦力消失。

1. 制动钳

制动钳安装在转向节或车桥凸缘上，并横跨制动盘，其内部装有活塞，两者共同构成制动轮缸。在制动主缸高液压力作用下，制动钳及活塞使制动摩擦片压向制动盘。常见的制动钳有固定式和浮动式两种。

（1）固定式制动钳

固定式制动钳固定在悬架部件上，钳体在制动过程中保持不动。钳体的两侧分别有 1 或 2 个活塞，并采用密封圈密封，如图 5-2-2 所示。

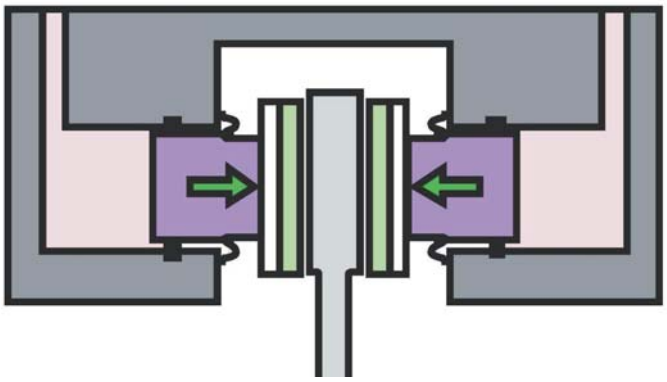


图 5-2-2　固定式制动钳

（2）浮动式制动钳

浮动式制动钳由支架和钳体两部分组成，支架紧固在悬架部件上，钳体通过导向销连接在支架上，并可沿导向销左右滑动，如图 5-2-3 所示。

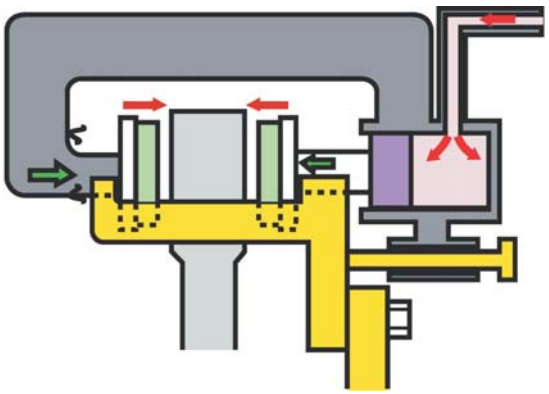


图 5-2-3　浮动式制动钳

与固定式制动钳相比，浮动式制动钳的轴向和径向尺寸小，制动液受热汽化的概率较小。此外，在兼作驻车制动器的情况下，浮动式制动钳不用加装驻车制动钳，只需加装推动制动轮缸活塞的机械传动部件即可。

2. 制动摩擦片

制动摩擦片的作用是与制动盘相接触产生摩擦力，阻止制动盘转动。制动片由摩擦材料和钢质底板组成，常见的固定方式有铆接、粘接和模铸粘接，如图 5-2-4 所示。

3. 制动盘

制动盘是制动器中最重的部件，常采用耐磨的铸铁材料制成，并通过螺栓安装在轮毂上，它与制动摩擦片相接触并产生摩擦力，以阻止车轮转动，如图 5-2-5 所示。

图 5-2-4　制动片

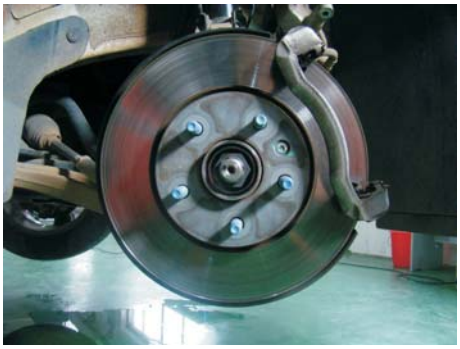


图 5-2-5　制动盘

5.2.2 盘式制动器的维修要点

1. 盘式制动器制动摩擦片的拆卸更换要点

1）检查制动主缸储液罐中的液位。

① 如果制动液液位处于最高标记和最低标记之间的中间位置，则开始拆卸前不必排出制动液。

② 如果制动液液位高于最高标记和最低标记之间的中间位置，则开始拆卸前应将制动液排放至中间位置。

2）举升车辆，拆下车轮总成。

3）拆卸图 5-2-6 所示的制动钳下导销螺栓。

4）不断开液压制动器挠性软管，向上转动制动钳（图 5-2-7 是已向上转动状态的制动钳），并用粗钢丝或相似工具固定制动钳。

制动盘的检查与更换

制动片的检查与更换

图 5-2-6 拆卸制动钳下导销螺栓

图 5-2-7 向上转动制动钳

5）将制动摩擦片从制动钳安装托架上拆下，如图 5-2-8 所示。

图 5-2-8 取出制动钳

更换制动摩擦片或对制动盘进行表面修整或更换后，需要进行制动摩擦片和制动盘的磨合操作。操作流程如下：

1）选择一条平整且车较少的道路。

2）将车辆加速至 48km/h。

3）用适中或坚实的脚力踩下制动踏板，使车辆停止。注意防止制动器抱死。

4）重复步骤 2）和 3），直至完成约 20 次制动操作。停车期间应确保制动器充分冷却，以使制动摩擦片和制动盘正常磨合。

2. 目视检查

尽管制动摩擦片上设计有磨损指示器，但全面的外观目视检查也是非常重要的。目视检查包括以下内容：

① 检查钳体和支架是否损坏或松动。

② 检查制动钳排气螺栓是否松动。

③ 检查制动盘表面是否有划痕或污物。

④ 检查制动片表面颜色是否正常。
⑤ 检查制动器是否存在漏油现象。

3. 零部件检修

（1）制动钳的检修

检修制动钳时，需要拆下制动钳，然后按照以下项目进行检查：
① 检查钳体是否有锈蚀和损伤现象，制动轮缸橡胶防尘套是否完好且有良好的弹性。
② 检查活塞在钳体中是否能平滑移动。
③ 检查导向销是否磨损或变形，弹性夹的弹性是否正常（针对浮动式制动钳）。

（2）制动摩擦片的检修

在多个位置测量制动摩擦片厚度，如图 5-2-9 所示。查看制动摩擦片是否达到磨损极限及磨损是否均匀，并根据情况进行更换。更换制动摩擦片时，同一车轮上的制动摩擦片应一起更换。当制动摩擦片出现不均匀磨损时，应查找故障原因并进行修理。

图 5-2-9　制动摩擦片厚度的检查

（3）制动盘的检修

在检查制动盘表面磨损情况时，先用工业酒精或经许可的制动器清洗剂清洁制动盘的摩擦面，然后检查制动盘摩擦面是否存在锈蚀、点蚀、开裂、灼斑和变形等情况。如果制动盘的摩擦表面出现上述情况，则需要进行表面修整或更换。磨损过度会导致制动盘发生形变，可通过制动盘厚度偏差测量和制动盘端面跳动量测量来判断。

（4）制动盘厚度偏差的测量

1）拆卸制动钳及制动摩擦片，并清洁制动盘的摩擦面，以便千分尺能接触到清洁的制动盘内摩擦面。

2）使用千分尺测量并记录制动盘圆周上均匀分布的 4 个点或更多点的厚度，如图 5-2-10 所示。操作时，务必确保在制动盘摩擦面内进行测量，且每次测量时千分尺与制动盘外边缘的距离相等（约 10 mm）。

3）计算所记录的最大厚度和最小厚度之差，得出厚度偏差值，并根据维修手册判断该

差值是否符合规定。如果制动盘厚度偏差超出规定，则进行表面修整或更换。

注意：

对制动盘进行表面修整或更换后，必须测量制动盘端面跳动量，以确保盘式制动器拥有最佳制动性能。

（5）制动盘端面跳动量的测量

在测量制动盘端面跳动量前，需要拆卸制动盘，检查轮毂和制动盘的接合面，确保其上没有异物、锈蚀或碎屑等。拆下制动盘前，必须标记制动盘与车轮双头螺柱的相对位置，以保证装配的唯一性。

1）对准拆卸前所做的装配标记，将制动盘安装到轮毂上，并在车轮双头螺柱上安装垫圈。再将车轮螺母按合理顺序紧固至规定力矩，以正确固定制动盘。

2）将百分表组件或同类工具安装到支柱上，使百分表测头与制动盘摩擦面成 90 °接触，且距离制动盘外边缘约 13mm，如图 5-2-11 所示。转动制动盘，直到百分表读数达到最小值，然后将百分表归零。再次转动制动盘，直到百分表读数达到最大值，并标记最大值对应的测量点位置。该最大值就是制动盘端面跳动量。

图 5-2-10　制动盘厚度的检查

图 5-2-11　制动盘端面跳动量的测量

3）根据维修手册判断制动盘的端面跳动量是否符合规定。如果制动盘端面跳动量符合规定，则安装制动钳并踩几下制动踏板，使制动盘固定到位，然后再拆下垫圈。如果制动盘端面跳动量超出规定值，则对制动盘进行表面修整或更换，并再次测量制动盘端面跳动量，以确保盘式制动器拥有最佳制动性能。

4. 制动管路排气

1）举升车辆，在轮胎内侧找到制动轮缸放气螺塞。

2）取下制动轮缸放气螺塞的防尘帽。将软管的一端连接在放气螺塞上，另一端插入空制动液瓶中，如图 5-2-12 所示。

3）两人配合操作，一人在车内多次踩下制动踏板，另一人在踩下制动踏板的状态下松

开放气螺塞。当制动液不再流出时，拧紧放气螺塞（图 5-1-13），然后松开制动踏板。

图 5-2-12　用软管连接放气螺塞

图 5-2-13　拧紧放气螺塞

4）重复以上步骤，直到将制动液中的空气全部排出。完全拧紧放气螺塞。对每个车轮重复上面的操作，以排出所有制动管路中的空气。

5）添加制动液到规定液位。

5. 检修注意事项

检修制动器时，必须注意以下事项：

① 一定要配戴经批准使用的高效且带滤芯或空气管的防尘面具，以防吸入有害粉尘。

② 制动摩擦片和制动盘等摩擦表面不得沾有油脂和任何异物，且表面不得有刻划、切削和碰撞痕迹。

③ 维修盘式制动器时，应小心保护制动钳活塞，使其不与金属或尖锐物体接触，以免损坏。

④ 不得清洗或维修被润滑油（脂）浸泡过的制动摩擦片，一旦发现被污染的制动摩擦片，必须进行更换。更换制动摩擦片时，必须整车桥成套更换。

⑤ 不得将制动盘的摩擦面放置在地板或台架上，以防摩擦表面受损或污染。安装制动盘前，一定要用厂商推荐的制动器清洗剂或酒精清洗制动盘表面。

⑥ 操作时一定要遵循维修手册中的车轮螺栓紧固程序，不得用冲击式气动扳手紧固车轮螺栓或螺母，否则可能引起异常噪声或振动。

⑦ 确保轮毂或车桥法兰清洁、无锈蚀。安装制动盘前，去除锈迹。

⑧ 使用厂商推荐的润滑剂或等效润滑剂润滑制动钳导向销及衬套接触面。

驻车制动器的检查与调整

5.3 鼓式制动器

鼓式制动器多应用在货车或大中型客车上。鼓式制动器与盘式制动器相比，最大的优点是使用较小的力就可以产生较大的制动力，但其抗热衰减性及抗水性、制动器间隙自调节性及制动方向稳定性均较差。常见的鼓式制动器有领从蹄式和伺服式两种。

5.3.1 鼓式制动器的组成和原理

鼓式制动器可应用在汽车前后轮。鼓式制动器的组成部件比盘式制动器多，主要包括底板、制动轮缸、回位弹簧、限位弹簧、调节器、制动蹄和制动鼓等，如图 5-3-1 所示。

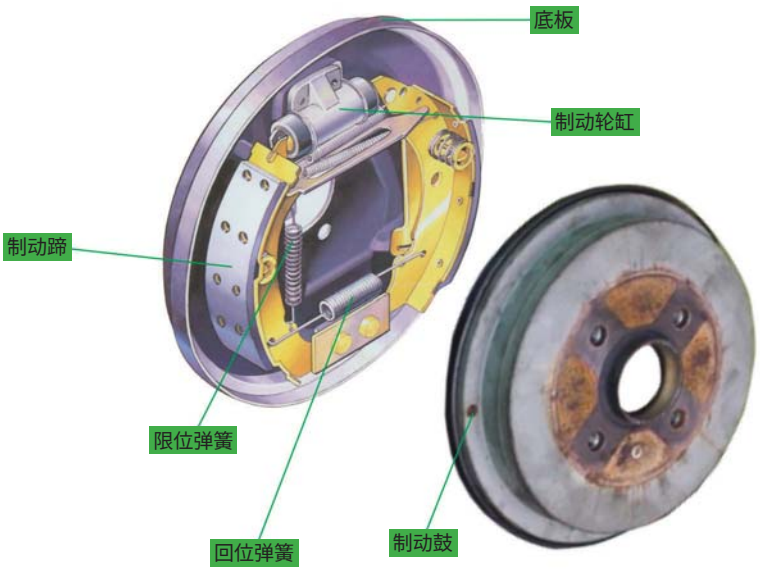


图 5-3-1 鼓式制动器

驾驶人施加制动力时，制动踏板作用力经助力器增力后传递到制动主缸。制动主缸将液压油送入制动管路。在液压力的作用下，制动轮缸活塞推动制动蹄外张，使之与制动鼓接触，制动蹄与制动鼓之间的摩擦力迫使制动鼓的转速下降，从而降低车轮转速，最终使车辆减速或停止。解除制动力时，液压系统的液压力下降，在回位弹簧的作用下，制动轮缸活塞回位，制动蹄与制动鼓分离，两者间的摩擦力消失。

1. 制动蹄

制动蹄是相对固定的部件，它与旋转的制动鼓摩擦形成制动力。常见的制动蹄由钢质蹄片铆接或粘接摩擦材料制成，如图 5-3-2 所示。多数制动蹄是由两块 T 形断面钢板焊接在一起制成的。制动蹄外部的弯曲金属板称为基板，其上固结有摩擦材料。焊接在基板下的金属板称为腹板，腹板上通常加工有许多各种形状和规格的孔，用于安装制动蹄回位弹簧、限位弹簧和调节器等。

2. 制动鼓

在鼓式制动器中，最外端的主要部件是制动鼓。制动鼓不与底板相连，而是与轮毂相连，同车轮一起旋转，如图 5-3-3 所示。施加制动力时，制动蹄与制动鼓的内表面摩擦，产生制动力。制动鼓为铸铁件或铸铁与钢的复合件，通过螺栓孔套装在车轮螺栓上。另外，

制动鼓的中心还有一个大孔，用来与轮毂中心定位。

图 5-3-2　制动蹄

图 5-3-3　制动鼓

5.3.2 鼓式制动器的维修要点

1. 部件检查

在对鼓式制动器进行检修时，首先应拆下制动鼓，然后用湿抹布清理制动部件上的粉尘，防止吸入。然后对制动鼓、制动蹄、回位 / 限位弹簧、调节器等部件进行检查。

（1）制动鼓的检查

制动鼓为制动系统提供摩擦表面，除正常磨损外，常因恶劣的使用环境而损坏。制动鼓常见的损坏形式有划伤、裂纹和变形。

1）划伤。划伤是一种严重的制动鼓磨损形式，包括摩擦表面粗糙、擦伤及有深度凹槽。划伤的原因有许多，最常见的原因是制动蹄磨损严重，导致铆钉或基板直接与制动鼓接触。此外，硬度不均的摩擦材料或制动鼓里淤积的灰尘、沙子和磨屑也可能划伤制动鼓。因此，鼓式制动器比盘式制动器更容易划伤。制动鼓划伤会引起制动蹄快速磨损，常常还伴随有“轰隆”声或“嘎、嘎”声，特别是在制动蹄与制动鼓之间有金属与金属接触时。

2）裂纹。制动鼓的裂纹常常是制动过程产生的应力不均或事故中的冲击引起的。裂纹可能出现在制动鼓的任何部位，但最常见的部位是制动鼓安装孔附近或摩擦表面的外边缘。

3）变形。完好的制动鼓摩擦表面平行于轮毂轴心，并能以轮毂轴心为圆心正常转动。所有制动鼓在制动过程中都会发生变形，一旦停止制动操作，制动鼓就会恢复到原始形状。如果摩擦表面没有恢复到原始形状，即不再与轮毂轴线平行，或不能绕轮毂轴心正常转动，则表明制动鼓已变形。常见的制动鼓变形形式有弯曲变形、失圆变形和偏心变形。

制动鼓的弯曲变形可通过测量其直径进行检查，如图 5-3-4 所示。而制动鼓的失圆变形和偏心变形可通过测量其摩擦面的跳动量来检查，如图 5-3-5 所示。具体的测量方法可参见维修手册。若测量值超出维修手册的规定值，则进行更换。

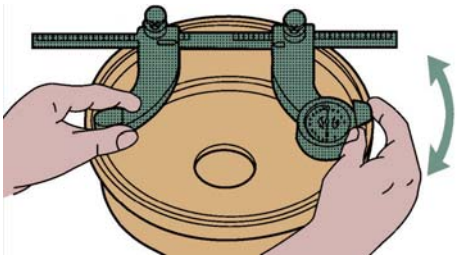


图 5-3-4　制动鼓的直径测量

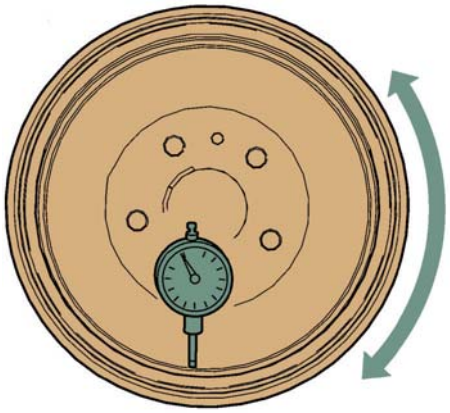


图 5-3-5　制动鼓的跳动量检查

（2）制动蹄的检查

制动底板上通常有观察孔，可以目视检查制动蹄摩擦材料的厚度，但最好的检修办法是将制动鼓拆下，然后对整个制动蹄进行彻底的外观检查，而不仅仅是查看制动蹄摩擦材料的厚度。进行制动蹄外观检查时，如果发现摩擦材料磨损，则必须更换制动蹄。制动蹄摩擦材料厚度必须符合维修手册的规定，如图 5-3-6 所示。

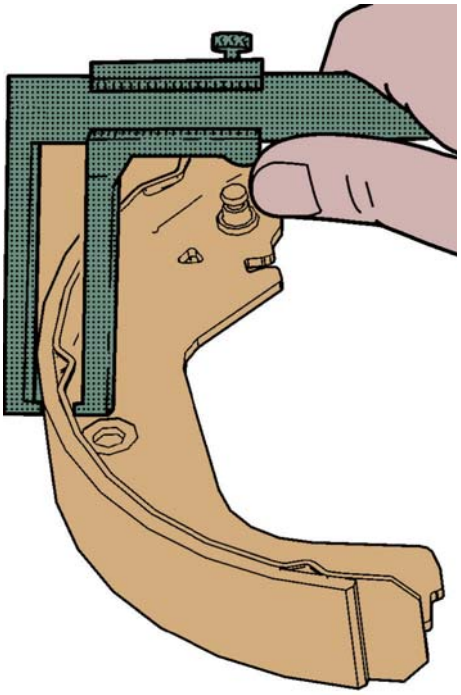


图 5-3-6　制动蹄的检查

（3）底板的检查

底板对鼓式制动器部件起支承作用，同时也可防止水或沙土进入制动器内部。对制动

器进行维护时，要对六个凸起的制动蹄支承垫进行检查，因为它们与制动蹄边之间会产生摩擦。如果支承垫磨损超过规定范围，则应更换底板。同时也要检查底板是否松动或弯曲，以及是否与轮毂端面平行。可以用游标卡尺或百分表组件进行检查。在维修鼓式制动器的过程中，应使用厂商规定的润滑脂对凸起的支承垫及与其接触的相关部件进行润滑。

（4）制动轮缸的检查

鼓式制动器的制动轮缸是用铸铁制成的，其缸筒经过打磨，以便为轮缸油封和活塞提供光滑的工作表面。如果缸筒表面受到损伤，则会导致制动轮缸漏油。

制动轮缸活塞外装有防尘罩，用来避免污物进入缸筒。在活塞与油封之间有一个带密封皮碗支架的弹簧，用来避免彼此变形，保证制动力释放时密封皮碗紧贴缸筒壁，防止外界空气进入制动轮缸。在对制动轮缸进行检查时，用钝器将防尘套撬起来查看。如果防尘套内仅有潮湿迹象，则是制动液渗漏引起的，属正常现象。如果制动液从防尘套处滴漏，则表明密封皮碗有问题，需要更换制动轮缸。制动轮缸后部有排气螺塞和连接制动软管的螺纹孔，应同时检查制动轮缸与制动软管、制动轮缸与排气螺塞之间是否存在制动液泄漏。

2. 鼓式制动器间隙的调整

制动蹄和制动鼓之间的间隙过大，制动踏板的位置就会过低，导致制动轮缸行程不足以使制动摩擦材料和制动鼓接触。驾驶人必须多次踩压制动踏板，迫使更多的制动液进入轮缸，才能获得足够的制动力。因此，鼓式制动器需要调整制动蹄和制动鼓之间的间隙。调整方式可分为制动鼓安装前调整和制动鼓安装后调整两种。

在制动鼓安装前，使用塞尺对制动鼓内径最宽处进行测量，然后牢牢紧固塞尺上的固定螺栓，保持位置，接下来在塞尺的一侧与相应的制动蹄之间插入另一个适当规格的塞尺，转动制动蹄调节器星轮，直到制动蹄接触到两个塞尺，调整结束后安装制动鼓。

大多数鼓式制动器可以在制动鼓安装后通过旋转星轮或旋转调节器来调整间隙。调节时，使用一字螺钉旋具推开棘片，然后使用调整工具使星轮转动，同时转动制动鼓。如果感觉到制动鼓受到阻力，则应停止调整。反复进行行车制动和驻车制动操作，直到调节器总成不发出“咔塔”声，然后调整驻车制动器拉索。

5.4 制动助力系统

1. 制动助力系统的类型

常见的制动助力系统有真空助力式和电液助力式两种。真空助力系统利用发动机进气歧管真空及大气压力来增大制动踏板对制动主缸活塞的作用力，以提供助力功能。电液助力系统利用电动机驱动液压泵来提高制动主缸内的液压力，以实现助力。电液助力系统的组成部件都集成在制动主缸上。真空助力系统是目前应用最广泛的制动助力系统。

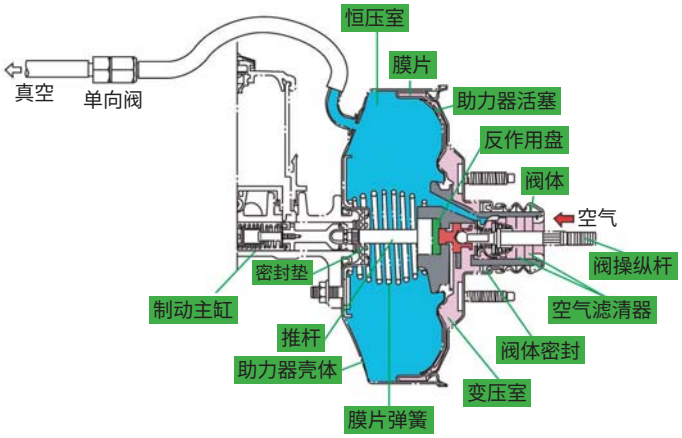
2. 真空助力系统

真空助力系统的核心部件是真空助力器，它利用进气歧管真空与大气压力的差值来增

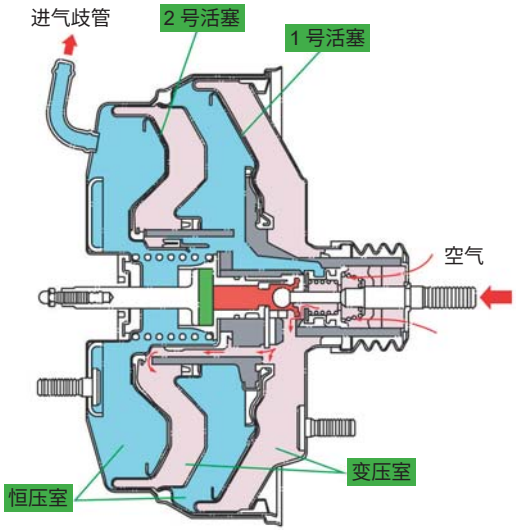
大推杆对制动主缸活塞的作用力，从而增大制动主缸内的液压力，以实现助力作用。在配置柴油发动机或增压汽油发动机的汽车上，由于进气歧管内不能形成有效真空，真空助力系统中设计有真空泵。

真空助力器位于制动踏板和制动主缸之间，分为单膜片式和双膜片式两种结构，它们的工作原理是相似的，如图 5-4-1 所示。

单膜片式真空助力器主要由动力腔、控制阀和单向阀组成。双膜片式真空助力器又叫串联膜片式真空助力器，它相当于将两个单膜片式真空助力器串联在一起，有两个膜片、四个腔室和一个控制阀。



a）单膜片式



b）双膜片式

图 5-4-1　单膜片式和双膜片式真空助力器

3. 真空助力系统的检修

（1）常见故障现象

若真空助力系统工作不正常，则制动系统可能会出现以下故障：

① 制动踏板僵硬。

② 踩压或者释放制动踏板时有“嘶、嘶”声。

③ 踏板被踩下时太靠近地板。

④ 制动有拖滞感。

制动有拖滞感也可能是制动液压系统出现故障引起的，此时应把制动主缸与助力器分离。如果此时制动器松开了，则表明故障在真空助力器。如果制动器并没有松开，则表明故障在制动液压系统。

（2）系统检查与测试

当制动系统出现与真空助力系统相关的故障时，首先应进行真空助力系统性能检查，然后根据需要对真空助力系统及相关附件进行测试（或检测）。这些测试主要包括真空供给测试、单向阀测试、助力器空气阀测试、制动踏板行程检测、制动踏板自由行程检测等。若配备有电子真空泵，则还需要对其进行测试。

1）真空助力系统性能检查。真空助力系统性能检查指检查真空助力系统的工作情况是否正常，操作步骤如下：

① 使发动机处于关闭状态，反复踩压制动踏板，消除真空助力器中的真空。

② 保持制动踏板踩下，起动发动机，若制动踏板下移很短的距离后停止，且不需要很大的力就能保持，则表明真空助力系统工作正常。若制动踏板不移动，则表明真空助力系统工作异常，需要进行真空助力系统及相关附件测试（或检测）。

2）真空供给测试。真空供给测试是为了验证真空助力器是否获得足够的真空，操作步骤如下：

① 测试进气歧管的真空度。在进气歧管某个入口处安装真空计，然后起动发动机，观察真空计的读数。正常情况下，测得的气压值应低于规定值（通常为 47kPa）。若测得的气压值高于规定值，则表明发动机可能存在故障。

② 测试真空助力器进口处的真空度。找到真空助力器处的真空软管，在单向阀处拆下真空软管，并将其与真空计连接，起动发动机测量此处的压力。若此处的压力低于规定值，则说明真空供给正常。若此处的压力高于规定值，则应检查真空软管。

③ 检查真空软管。关闭发动机，取下真空计，拆下真空软管，检查它是否存在扭结、阻塞、渗漏或者开裂现象。若发现上述问题，则应更换真空软管。如果真空软管没有问题，则执行单向阀测试。

3）单向阀测试。如果单向阀的功能不正常，则发动机突然熄火时，真空助力器会因为没有足够的真空而不能提供有效制动助力。单向阀的测试步骤如下：

① 关闭发动机，让车辆静置 5 min 以上，踩压制动踏板，真空助力器中应保留足够的真空，以进行至少三次制动助力。

② 若真空助力器不能提供有效制动助力，则将单向阀从真空助力器和真空软管上拆下。

③ 在单向阀与进气歧管连接的一端使用空气喷枪吹气，气流应不能通过单向阀。反向吹气，气流应可通过单向阀。在单向阀与助力器连接的一端使用手动真空泵抽真空，应能建立真空。如果测试结果不满足以上要求，则表明单向阀失效，应更换。

4）助力器空气阀测试。如果助力器空气阀工作不正常，则没有踩压制动踏板时，真空助力器会施加制动力，导致车辆自动制动。助力器空气阀测试步骤如下：

① 关闭发动机，踩压制动踏板若干次，消除真空助力器内的真空。

② 举升车辆，用手旋转前轮，感觉车轮受到的阻力。

③ 起动发动机运转 1min 左右，然后关闭发动机。

④ 再次用手旋转同一前轮，若感觉到车轮受到的阻力增加了，则说明空气阀失效，需要更换真空助力器。

5）电子真空泵测试。电子真空泵测试的目的是检查电子真空泵能否为真空助力器提供有效真空，测试步骤如下：

① 关闭发动机，反复踩压制动踏板，消除制动真空助力器中的真空。

② 保持制动踏板踩下，将点火开关至于“ON”位，观察电子真空泵是否运转及制动踏板是否向前移动。

③ 若电子真空泵不运转，则说明电子真空泵控制电路出现故障。若电子真空泵运转，但制动踏板没有向前移动，则说明电子真空泵失效。

6）制动踏板行程检测。制动踏板行程指制动踏板被踩压后相对于地板或转向盘移动的距离。真空助力器的阀杆或推杆的长度调节不当，会导致制动踏板行程异常。此外，制动摩擦片或制动蹄过度磨损、驻车制动器调节不当、鼓式制动器调节不当、制动液渗漏、液压系统中存在空气等也会导致制动踏板行程异常。制动踏板行程检测的步骤如下：

① 关闭发动机，让制动器冷却。反复踩压制动踏板，消除真空助力器中的真空。

② 在制动踏板上安装踩力测量器。

③ 测量和记录不踩制动踏板时制动踏板与地板之间的距离，如图 5-4-2 所示。

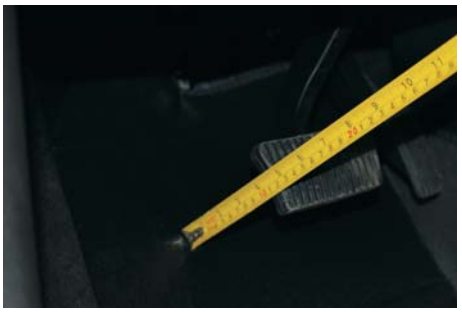


图 5-4-2　制动踏板与地板之间的距离

④ 参考维修手册，在踩力测量器上施加规定的作用力（通常为 445N 左右）使制动踏板下压，并测量和记录制动踏板与地板之间的距离。

⑤ 两次测量距离的差值即为制动踏板行程，参考维修手册判断制动踏板行程是否正常（制动踏板行程最大值通常为 6.3cm 左右）。

7）制动踏板自由行程检测。制动踏板自由行程指制动踏板在触动推杆之前所移动的距离。如果制动踏板没有自由行程，则制动主缸可能在未踩压制动踏板的状态下就施加制动力，引起制动器过热、制动摩擦片过早被磨损或制动灯误点亮。如果制动踏板自由行程过大，则制动踏板在触动推杆前的移动距离过大，制动效能变差。制动踏板自由行程检测的方法与制动踏板行程检测的方法相似。操作时，在制动踏板旁放一把直尺，用手轻压制动

踏板直到有轻微阻力感为止，测量此过程中制动踏板移动的距离，该距离就是制动踏板的自由行程，如图 5-4-3 所示。若制动踏板自由行程异常，则应检查真空助力器阀杆、制动踏板枢轴、真空助力器阀杆衬套等的磨损情况。

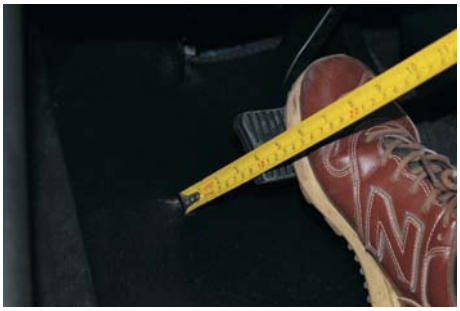


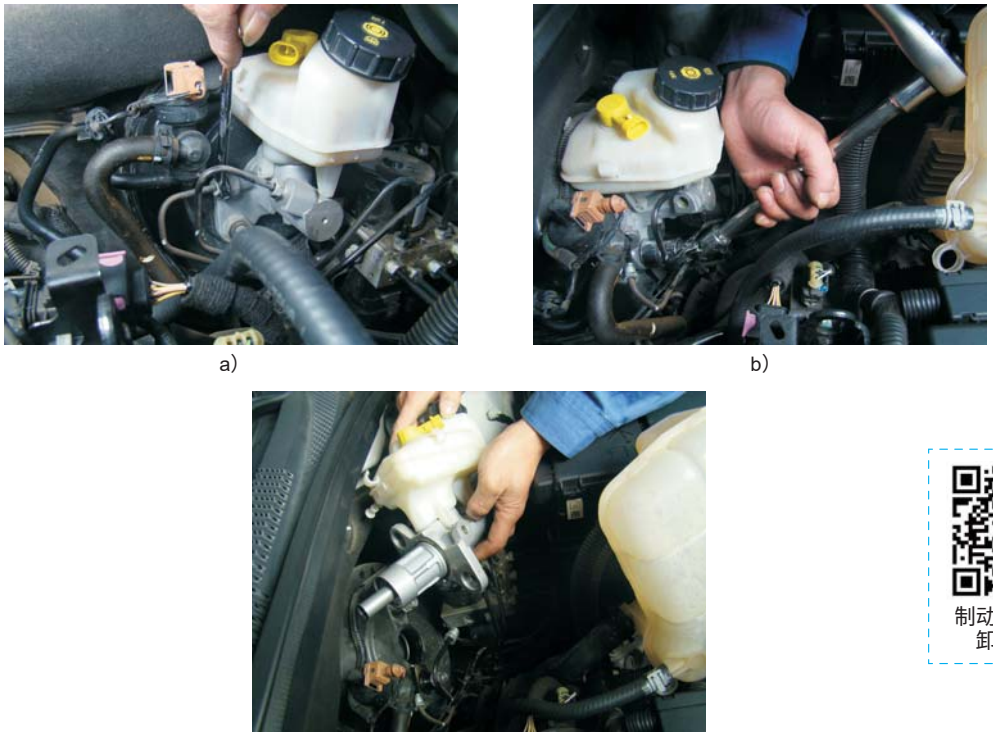
图 5-4-3　制动踏板自由行程

（3）真空助力器的拆装

拆卸真空助力器时，首先应拆卸蓄电池负极电缆、真空软管及单向阀等部件。接着，拆卸制动主缸与真空助力器之间的紧固件，并移走制动主缸，如图 5-4-4 所示。进行此操作时不要损坏制动管路。如果制动管路没有足够的空间，则拆下制动管路并封堵所有开口及周围部分，如图 5-4-5 所示。然后，将助力器阀杆从制动踏板上松开，并拆卸真空助力器紧固件，如图 5-4-6 所示。最后，从发动机舱中取出真空助力器。真空助力器的安装按与拆卸相反的顺序进行。各车型真空助力器拆装的具体步骤可参见维修手册。

注意：

禁止通过阀杆搬运真空助力器，以防损坏真空助力器控制阀的密封件。

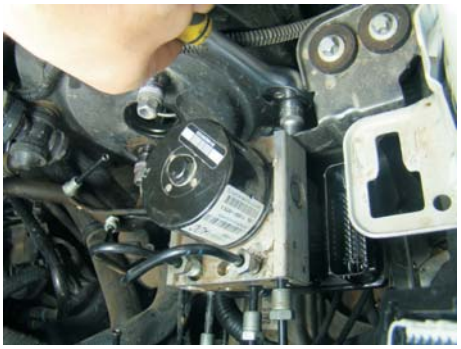


a)　b)　c)

图 5-4-4　拆卸制动主缸

制动总泵的拆卸与分解

a)



b)

c)

ABS 泵的拆卸与更换

图 5-4-5 拆卸助力器周围部件

有些真空助力器的推杆或阀杆长度是可以调节的，安装时需要检查其长度并调节。如果推杆太长，则制动主缸的操作就会不正常，可能造成制动器拖滞。如果推杆太短，制动时会产生噪声，并导致制动距离过长。阀杆的长度主要影响制动踏板的高度和行程。

制动助力器的拆卸与更换

图 5-4-6 拆卸助力器紧固件

5.5 制动控制系统

5.5.1 防抱死制动系统

ABS 是在传统机械制动液压系统基础上加装的电子控制装置，除传统的制动液压系统部件外，还包括电子制动控制模块、轮速传感器、液压控制单元、ABS 故障指示灯等，如图 5-5-1 所示。

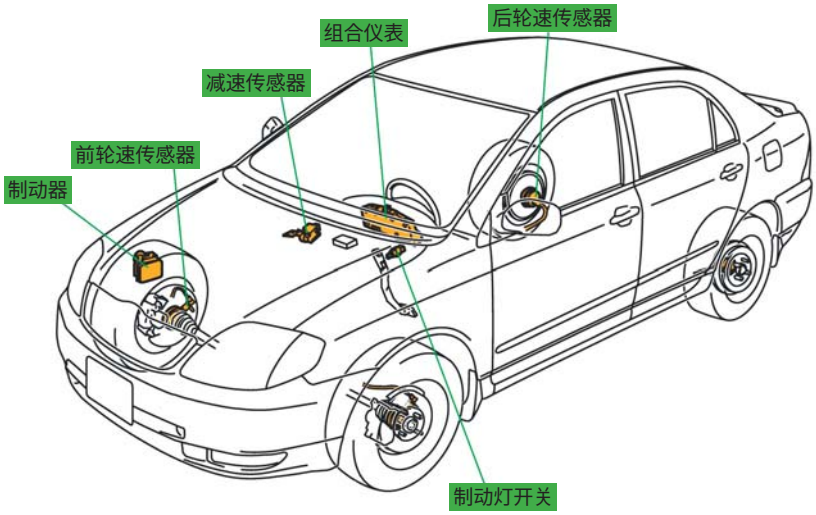


图 5-5-1　ABS 组成

电子制动控制模块由输入电路、数字控制器、输出电路和警告电路组成，其主要功能是收集、分析和判别信号，防止车轮抱死。

轮速传感器主要安装在前轮转向节上和后轮肘节上，传感器和信号齿轮都属于车轮轴承总成的一部分，不能单独维修和更换，传感器与信号齿轮之间的间隙不可调。

液压控制单元主要包括电动液压泵、蓄能器和电磁阀等，它和电子制动控制模块（EBCM）集成在一起，串接在制动主缸和制动轮缸之间，以调节制动轮缸的制动压力。

故障指示灯呈琥珀色，当 ABS 工作异常时，ABS 故障指示灯会点亮，这时应进行维修。

5.5.2 其他电子制动系统

1. 电子制动力分配系统

电子制动力分配系统（EBD）集成在 ABS 控制总成中，它取代了传统制动液压系统中的比例阀，能合理地分配前、后轮的制动力，防止车辆制动时甩尾，并能使车辆在不同的路面上获得最佳的制动效果，缩短制动距离，提高制动灵敏度和协调性，如图 5-5-2 所示。

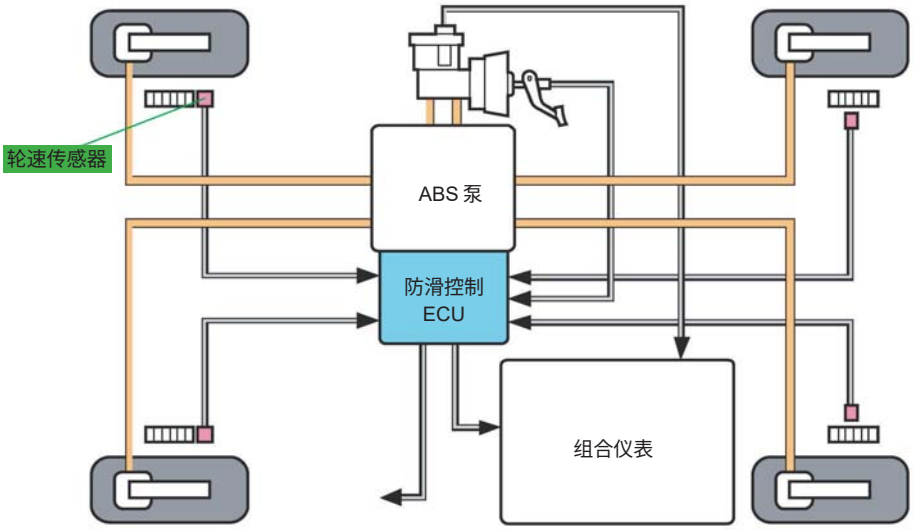


图 5-5-2　ABS 和 EBD 控制系统框图

2. 牵引力控制系统

牵引力控制系统（TRC）能在车辆起步、加速或在湿滑路面行驶时控制驱动轮滑移率，以维持车辆行驶的稳定性和最适当的驱动力。TRC 的防滑原理与 ABS 非常相似，两者都通过控制液压控制单元来调节车轮的制动力，从而调节车轮滑移率，以保持车轮与地面的最佳附着力。两者之间存在以下不同：

① ABS 对所有车轮起作用，控制其滑移率，而 TRC 只对驱动轮起作用。

② ABS 的功用是防止制动时车轮抱死、滑移，提高制动效率和安全性。而 TRC 的功用是防止驱动轮原地滑转，改善车轮与路面的附着力，提高车辆驱动力。

③ ABS 只在车辆行驶过程中，驾驶人踩下制动踏板后才工作。而 TRC 则在整个行车过程中都处于警戒状态，一旦驱动轮出现滑转，便自动投入工作。

3. 电子稳定控制系统

电子稳定程序控制系统（ESP）能主动纠正车辆在高速或湿滑路面上行驶时的转向过度和转向不足，避免车辆偏航。同时，它还集成了 ABS 和 TRC 的功能。当车辆有转向过度趋势时，系统对外侧的一个或全部车轮进行制动。当车辆有转向不足趋势时，系统对内侧的一个或全部车轮进行制动，从而矫正车辆的偏转特性。ESP 能提高驾驶安全性，优化操控性及驾驶舒适性，并通过对车辆横向和纵向的动态控制，提高 ABS、TRC 的性能。

TRC 和 ESP 系统组成如图 5-5-3 所示。

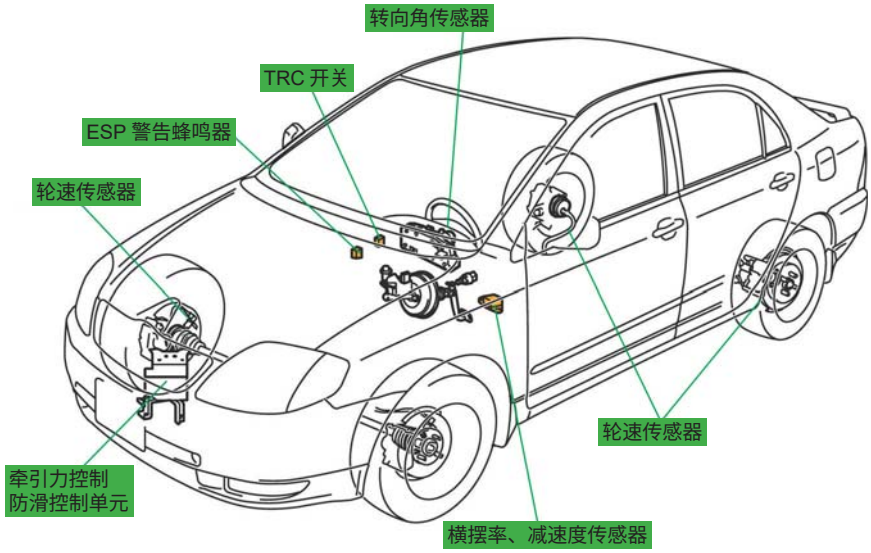


图 5-5-3　TRC 和 ESP 系统组成

第6章

转向系统

Chapter 6

6.1 转向系统的基本组成与原理 173

6.2 转向系统的维修要点 178

6.1 转向系统的基本组成与原理

汽车行驶过程中，驾驶人需要根据道路状况频繁地改变其行驶方向。转向系统能使与转向桥相连的车轮相对于汽车的纵轴线偏转一定角度，从而实现车辆转向。根据转向动力不同，转向系统分为机械转向系统和动力转向系统两类。

转向系统通常由转向操纵机构、转向器和转向传动机构组成，如图 6-1-1 所示。

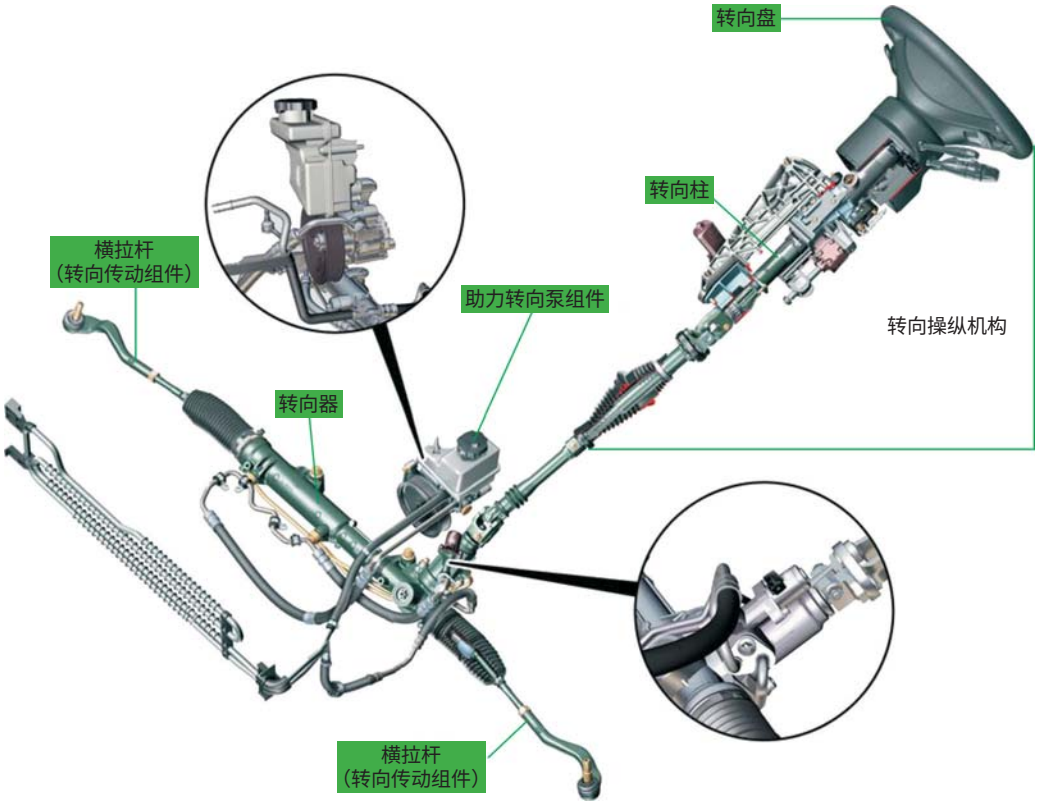


图 6-1-1　转向系统组成

1. 转向操纵机构

转向操纵机构主要包括转向盘和转向柱。

（1）转向盘

转向盘的主要作用是将驾驶人施加在转向盘上的力矩传递给转向柱。其内部由金属架构成，外边包裹有柔软的合成橡胶或树脂，起到缓冲作用。

（2）转向柱

转向柱位于转向盘和转向器之间，主要作用是将来自转向盘的转向力矩传递给转向器。转向柱主要由转向柱管、转向轴、转向传动轴、万向节和转向柱调整机构等组成，如图

6-1-2 所示。

图 6-1-2　转向柱

2. 转向器

转向器是转向系统的减速传动装置，如图 6-1-3 所示。目前在汽车上广泛使用的转向器有齿轮齿条式和循环球式两种。

图 6-1-3　转向器

（1）齿轮齿条式转向器

齿轮齿条式转向器通常安装在副车架或发动机托架上，且安装点采用橡胶衬垫缓冲振动和冲击。齿轮齿条式转向器具有结构简单、质量小、转向灵敏、成本低及便于布置等特点，因此广泛应用于小客车和轻型货车上。齿轮齿条式转向器主要由输入轴、小齿轮、齿条及转向器壳体等组成，如图 6-1-4 所示。

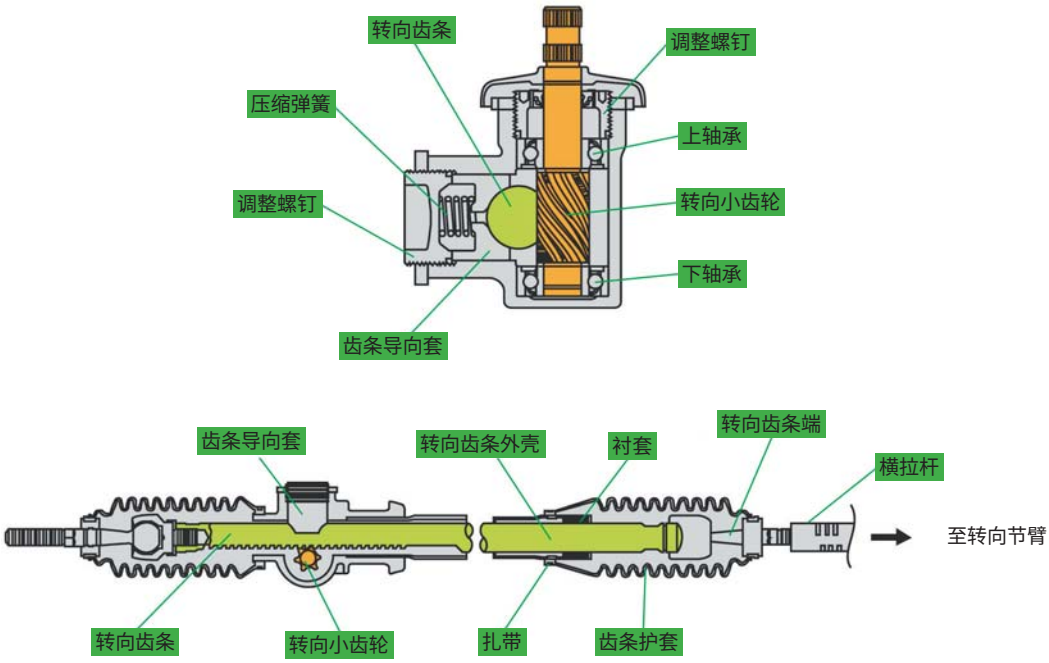


图 6-1-4　齿轮齿条式转向器

（2）循环球式转向器

循环球式转向器一般有两级传动机构，第一级采用螺杆螺母传动，第二级采用齿扇齿条传动。循环球式转向器传动效率高、操纵轻便、使用寿命长、工作平稳且可靠，通常应用在货车或越野车上。循环球式转向器主要由输入轴、转向螺杆、转向螺母、钢球、钢球导管、齿扇轴（摇臂轴）及转向器壳体等组成，如图 6-1-5 所示。

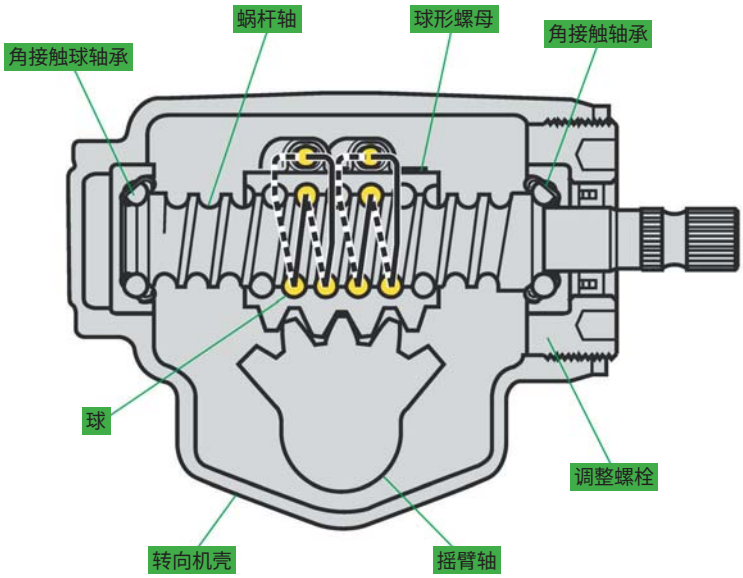


图 6-1-5　循环球式转向器

3. 转向传动机构

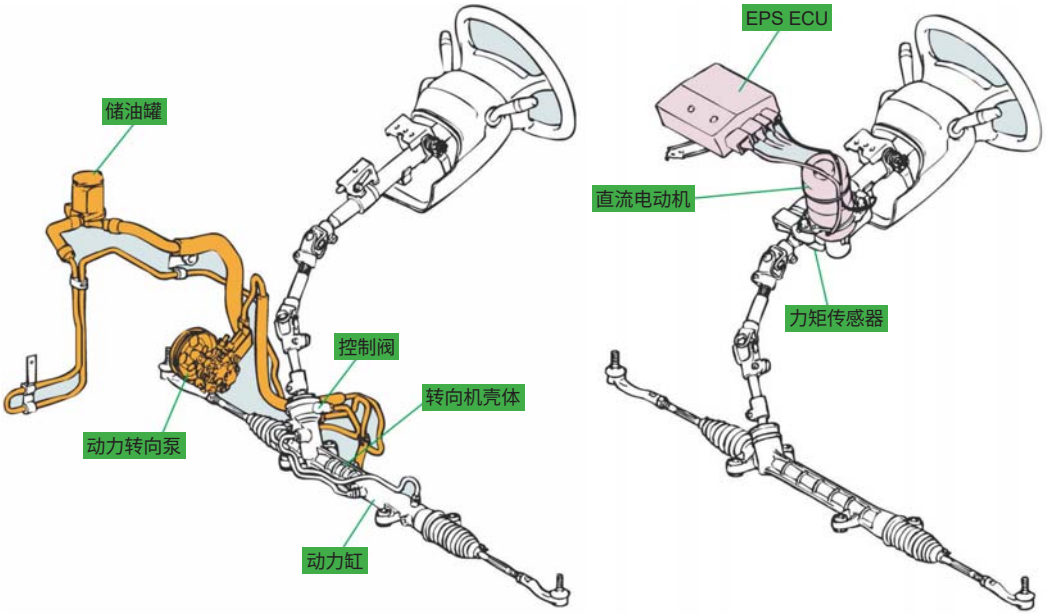
转向传动机构将转向器输出的力矩传递给转向桥两侧的转向节，使两侧转向轮偏转。同时，它使两侧转向轮偏转角度按一定关系变化，以保证汽车转向时车轮与地面的相对滑动量尽可能小。

拉杆式转向传动机构与齿轮齿条式转向器配合使用，它主要由横拉杆、梯形臂和转向节（球节）等组成，如图 6-1-6 所示。齿条左右移动时，横拉杆也随之等量移动，并推动梯形臂及转向节绕支点转动，从而使转向轮偏转相应的角度。横拉杆由内横拉杆和外横拉杆组成。球节主要由球头、球头销、球头座、球节窝、压缩弹簧及防尘罩等组成。

图 6-1-6　拉杆式转向传动机构

4. 动力转向系统

现代汽车的动力转向系统是在机械转向系统的基础上增加了一套助力装置，这样可使转向操纵更加轻便。在正常情况下，采用动力转向系统的汽车在转向时所需的力，一小部分由驾驶人提供，而大部分由助力装置提供。助力装置失效时，仍能确保转向系统的机械部件正常工作。现代汽车使用的动力转向系统主要有液压助力转向系统和电动助力转向系统两种类型，如图 6-1-7 所示。



a）液压助力转向系统　　b）电动助力转向系统

图 6-1-7　动力转向系统

液压助力转向系统在机械转向系统的基础上增加了一套液压助力装置。液压助力转向装置包含转向控制阀和转向动力缸。液压由动力转向泵提供。动力转向泵安装在发动机前部，由曲轴驱动。目前，大部分车辆采用叶片式动力转向泵，如图 6-1-8 所示。

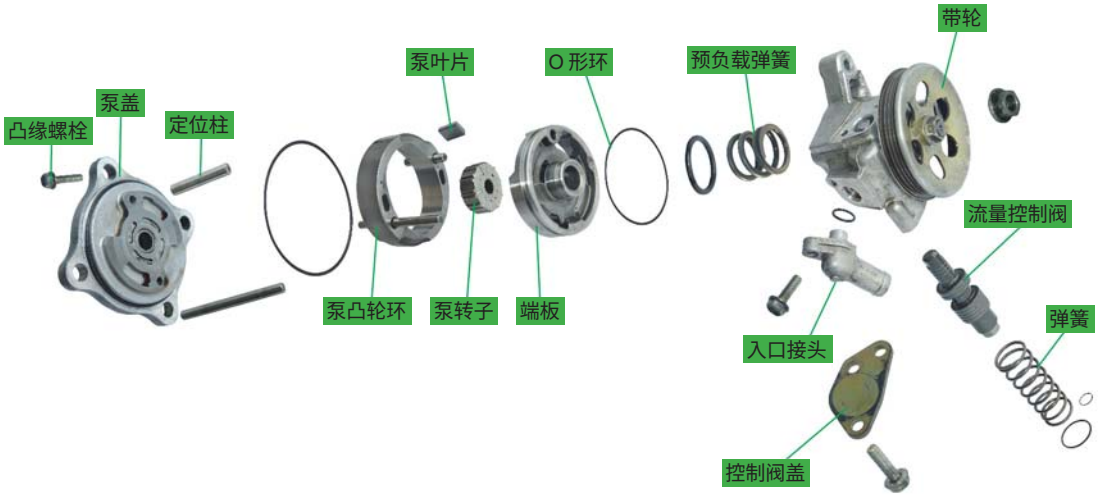


图 6-1-8　叶片式动力转向泵

电动助力转向系统（EPS）的组成如图 6-1-9 所示。

转矩传感器的作用是将驾驶人的转向意图反馈给动力转向控制模块，动力转向控制模块据此控制转向电动机动作。转矩传感器安装在转向器输入轴或转向柱的扭力杆上，如图 6-1-10 所示。

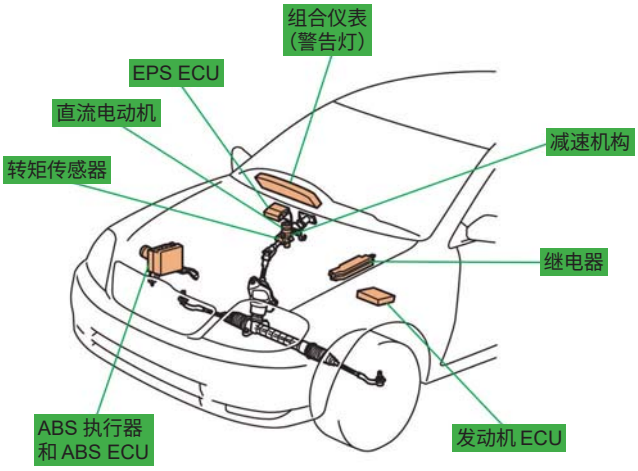


图 6-1-9　电动助力转向系统（EPS）组成

电子助力转向系统

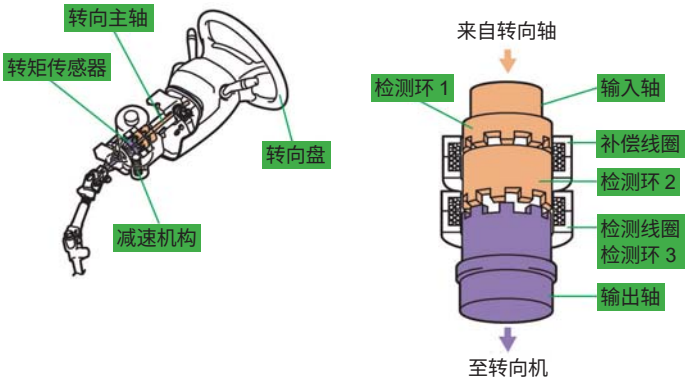


图 6-1-10　转矩传感器

转向电动机是电动助力转向系统的执行器，它安装在转向器上，采用蜗杆蜗轮传动方式驱动小齿轮轴（图 6-1-11），从而使齿条移动，实现助力转向。

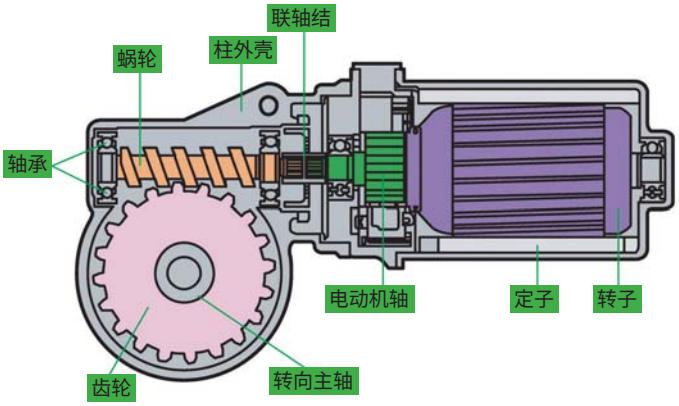


图 6-1-11　动力转向电动机

6.2 转向系统的维修要点

6.2.1 转向系统检查

1. 动力转向泵传动带的检查

1）用手按压传动带，检查预紧力是否正常。

2）目视检查传动带是否出现过度磨损、帘线断裂等情况。

注意：

在传动带肋条边，有轻微龟裂可以接受。如果传动带从肋条处产生龟裂或凸肩缺失则需要更换。

2. 动力转向油油位检查

1）将车辆停放在水平路面上。

2）发动机熄火时，检查储油罐中的油位，如图 6-2-1 所示。必要时，往储油罐中添加动力转向油。预热后的动力转向油，温度为 75~80℃。油位应在标记“ HOT MAX ”和“ HOT MIN ”之间。冷却后的动力转向油，温度为 20~25℃。油位应在标记“ COLD MAX ”和“ COLD MIN ”之间。

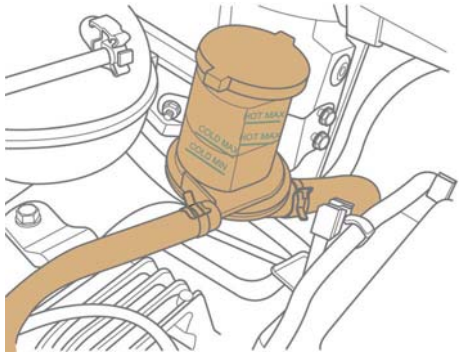


图 6-2-1　储油罐油位标记

3）预热动力转向油，起动发动机，怠速运转。

4）旋转转向盘由顺时针极限位置至逆时针极限位置，往复旋转数次，使动力转向油油温上升至 75~80℃。

5）检查动力转向油是否起泡或乳化，若有则需对动力转向系统进行排气。

6）熄火后稍等几分钟，重新检查储油罐中的油位。

3. 动力转向系统的排气程序

1）在发动机停止工作时，将转向盘从一个极限位置转到另一个极限位置，反复多次。

2）起动发动机，使发动机在怠速工况下运转，检查储油罐中的油位，必要时添加动力转向油，使油位保持在“ COLD MIN ”标记以上。

3）来回转动转向盘，但不要转至极限位置，排出系统中的空气。使油位保持在“ COLD MIN ”标记以上。必须将系统中的空气排出，才能获得正常的动力转向性能。

4）将转向盘回正，让发动机继续怠速运转 2~3 min。

5）路试车辆，检查动力转向功能是否正常以及是否有异响。

6）按步骤 1）和步骤 2）重新检查动力转向油油位，确保动力转向油达到正常工作温度并稳定后，油位达到“ HOT MAX ”标记处，必要时适当添加动力转向油。

4. 转向力的检查

1）将车辆停在平整的路面上 , 并使车轮对准正前方。

2）断开蓄电池负极电缆。

注意：

断开蓄电池负极电缆后至少等候 60s，防止安全气囊和安全带预紧器被启动。

3）拆卸驾驶人安全气囊。

4）连接蓄电池负极电缆。

5）使用扭力扳手，检查转向盘固定螺母的紧固力矩是否正确。

6）起动发动机，怠速运转。

7）如图 6-2-2 所示，使用扭力扳手，将转向盘分别逆时针和顺时针转动 90 °，并检查转向力矩。转向力矩应符合维修手册相关技术标准。

5. 转向横拉杆球头的检查

1）拆卸转向器横拉杆球头。

2）将横拉杆球头牢固地夹于卡钳上。

3）将螺母安装在球头螺栓上。

4）前后摇动球头上的螺栓 5 次以上。

5）如图 6-2-3 所示，使用扭力扳手，以每 2~4 r/s 的速度，连续旋转螺帽，然后在第 5 圈时读出力矩。力矩应符合相关车型维修手册技术标准。如果力矩不在规定范围内，则更换横拉杆总成。

注意：

左右两侧转向器横拉杆球头的检查方法相同。

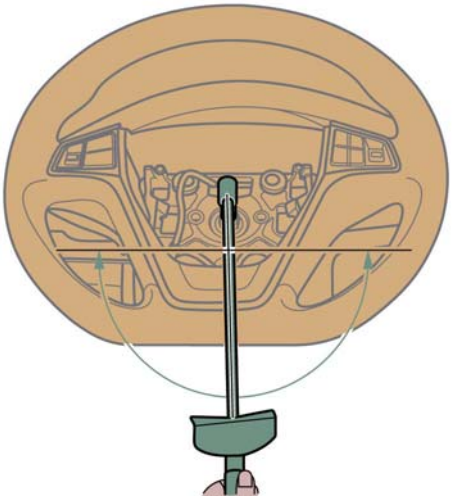


图 6-2-2　转向力矩的检查

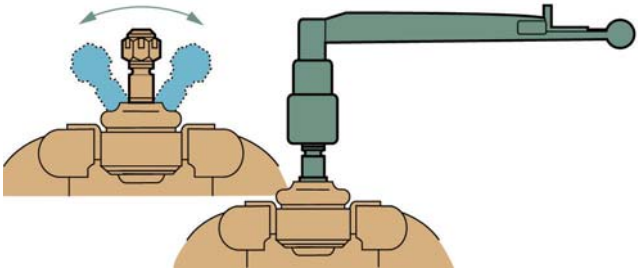


图 6-2-3　转向横拉杆球头的检查

6. 转向盘自由间隙的检查

1）将车辆停在水平地面上，轮胎朝向正前方。

注意：

部分车型的转向盘自由间隙无法调整，在中间轴万向节正常的情况下，需更换机械转向器带横拉杆总成。

2）在转动转向盘的同时感觉中间轴之间是否存在间隙，如果有间隙则必须更换中间轴。最大自由间隙为 30mm。自由间隙检查如图 6-2-4 所示。

7. 中间轴万向节的检查

1）如图 6-2-5 所示，固定中间轴万向节的一端，顺时针或逆时针扭转上、下中间轴万向节另一端。

2）感觉是否有移动，如果有则需更换中间轴。

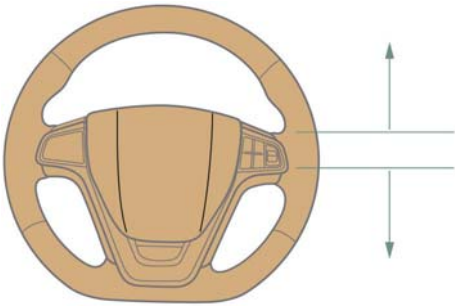


图 6-2-4　转向盘自由间隙的检查

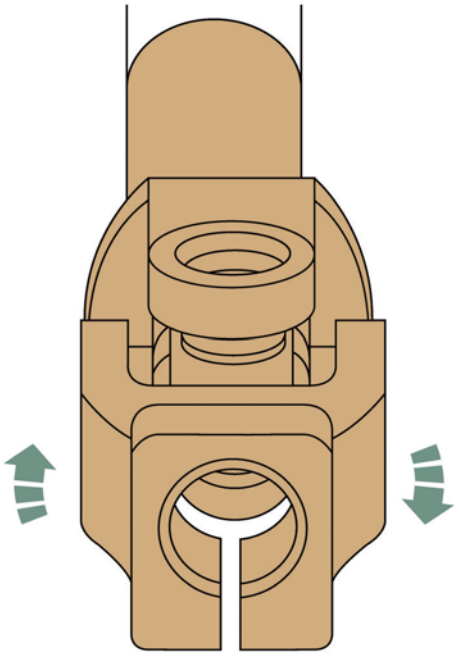


图 6-2-5　中间轴万向节的检查

6.2.2 转向系统拆装要点

1. 转向盘和转向柱的拆卸要点

1）将点火开关置于 LOCK 位，锁住转向盘。

2）如图 6-2-6 所示，使用卡簧钳拆下转向盘两侧的装饰盖。

3）如图 6-2-7 所示，使用内六花扳手拧下转向盘两侧的螺栓。

图 6-2-6　拆卸转向盘两侧的装饰盖

图 6-2-7　拧下转向盘两侧的螺栓

4）拆下安全气囊插件后，取下安全气囊和转向盘装饰盖。
5）如图 6-2-8 所示，使用 22# 套筒、棘轮扳手拆下转向盘螺母，力矩：(35±5) N · m。
6）如图 6-2-9 所示，使用顶拔器拆卸转向盘，并取下。

图 6-2-8　拆卸转向盘螺母

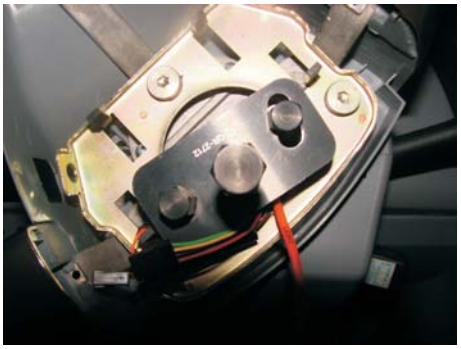
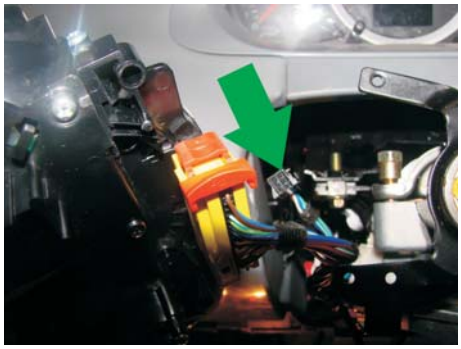


图 6-2-9　用顶拔器拆卸转向盘

7）使用十字螺钉旋具拆下转向管柱装饰罩上的 4 颗螺钉。
8）取下转向管柱的上、下装饰罩。
9）取下点火开关、防盗线圈装饰罩。
10）取下防盗线圈。
11）使用十字螺钉旋具拆下组合开关上的 4 个螺钉。
12）拔下组合开关上的刮水器插头。
13）拔下转向开关插头。
14）按图 6-2-10 所示的箭头方向拔下开关插头。
15）取下组合开关。
16）拔下图 6-2-11 中所示的白色插头。
17）拔下图 6-2-12 中所示的蓝色插头。



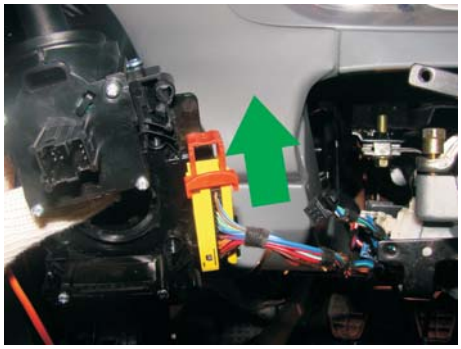


图 6-2-10　按箭头方向拔下开关插头

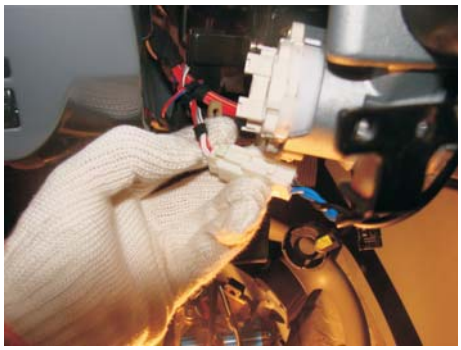


图 6-2-11　拔下白色插头

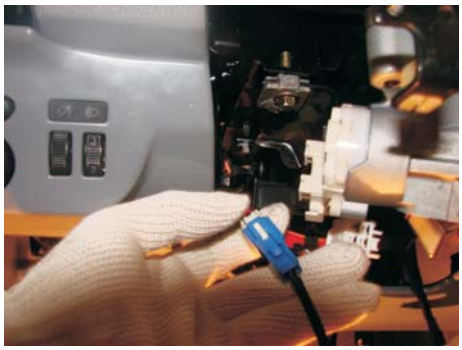


图 6-2-12　拔下蓝色插头

18）如图 6-2-13 所示，使用 13# 扳手拧下点火开关在转向管柱上的两颗螺栓，力矩：(22±1) N · m。

19）如图 6-2-14 所示，使用 10# 套筒、棘轮扳手拧下转向管柱与仪表板连接的螺栓，力矩：(25±3) N · m。

图 6-2-13　拧下点火开关在转向管柱上的螺栓

图 6-2-14　转向管柱与仪表板连接的螺栓

20）使用 10# 套筒、棘轮扳手拧下转向万向节与转向器连接的螺栓，然后取下转向管柱总成和转向万向节总成，力矩：(30±3) N · m。

图 6-2-15 取下转向管柱总成

21）安装步骤参照拆卸步骤进行。

2. 转向机总成的拆装

1）举升车辆，如图 6-2-16 所示，使用 13# 扳手拧下波纹管前端的螺母和螺栓，力矩：(17±1) N · m。

2）拔下三元催化转化器前的橡胶圈。

3）拔下三元催化转化器后的橡胶圈。

4）使用 10# 套筒和棘轮扳手拧下三元催化转化器和波纹管之间的两颗与车身连接的螺栓，力矩：(13±1) N · m。

5）拔下后消声器与车身吊钩连接的橡胶圈，然后抬下排气管。

6）拆下左制动盘。

7）如图 6-2-17 所示，使用 17# 梅花扳手拧下左横拉杆球头与转向节连接的螺母，力矩：(35±3) N · m。

图 6-2-16 拧下波纹管前端的螺母和螺栓

图 6-2-17 拧下横拉杆球头与转向节的连接螺母

8）如图 6-2-18 所示，使用 8# 套筒和棘轮扳手拧下左前轮速传感器的紧固螺栓，力矩：(10±1) N · m。

图 6-2-18　拆下轮速传感器

9）从左前减振器上拔下轮速传感器线。

10）拔下左前轮速传感器。

11）如图 6-2-19 所示，使用 17# 扳手拧下转向节与下摆臂球头的连接螺母，力矩：（120±10）N · m。

12）如图 6-2-20 所示，将左前制动轮缸用绳子从中间穿过并固定在车上，固定位置不能影响拆卸。

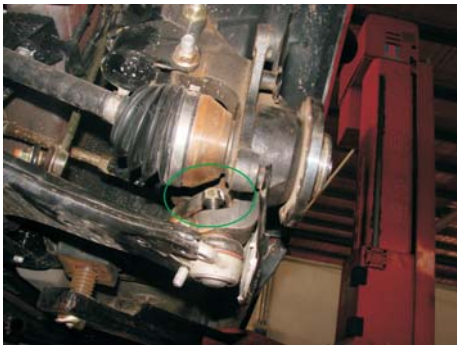


图 6-2-19　拧下转向节与下摆臂球头的连接螺母

图 6-2-20　固定制动轮缸

13）将左传动轴从左转向节上拔出，并用绳子扎起来，如图 6-2-21 所示。

14）使用卡箍钳将图 6-2-22 中圈出的动力转向回油管卡箍拆下。拆卸时需准备好容器回收动力转向油。

图 6-2-21　吊起左传动轴

图 6-2-22　动力转向回油管卡箍

15）使用 17# 呆扳手拧下图 6-2-23 中红圈处的动力转向进油管螺母，力矩：(11±3) N·m。

16）使用 10# 套筒和棘轮扳手拧下转向万向节与转向器连接的螺栓，如图 6-2-24 所示，力矩：(30±3) N · m。

图 6-2-23　拧下动力转向进油管螺母

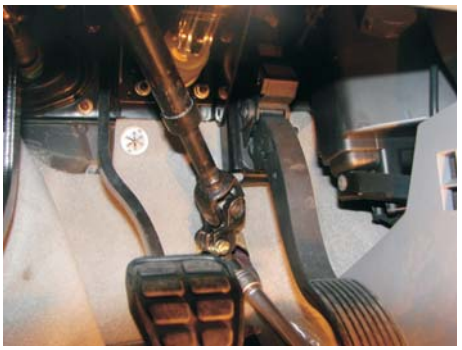


图 6-2-24　拧下转向节和转向器的连接螺栓

17）使用 15# 套筒、棘轮扳手和梅花扳手拧下图 6-2-25 所示的螺母和螺栓，力矩：(90±5) N · m。

18）使用液压升降输送器顶住前桥。

19）用 15# 扳手拧下图 6-2-26 中圈出的车身与副车架连接的螺栓，力矩：(110±10) N·m。

图 6-2-25　拆卸螺栓和螺母

图 6-2-26　拧下车身与副车架连接螺栓

20）用 15# 扳手拧下图 6-2-27 中圈出的车身与前副车架连接的螺栓，力矩：(110±10) N·m。

21）在发动机舱内用 13# 扳手拧下减振器与车身壳体连接的三个螺母，力矩：(50±5) N·m。

22）使用液压升降输送器将前桥放下，取下前桥、悬架和转向器。

23）如图 6-2-29 所示，使用 19# 套筒和棘轮扳手拧下副车架与转向器左侧的连接螺栓，力矩：(100±10) N · m。

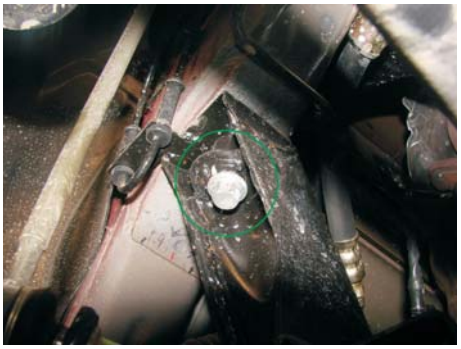


图 6-2-27　拧下车身与前副车架连接螺栓

图 6-2-28　取下前桥

图 6-2-29　拧下副车架与转向器左侧连接螺栓

24）如图 6-2-30 所示，使用 19# 套筒和棘轮扳手拆下副车架与转向器右侧的连接螺栓，力矩：(100±10) N · m。

25）取下图 6-2-31 所示的转向器总成。

图 6-2-30　拧下副车架与转向器右侧的连接螺栓

图 6-2-31　取下转向器总成

26）安装参照拆卸相反的步骤进行。

6.2.3 转向系统常见故障诊断与排除

1. 转向盘振摆

（1）故障现象

汽车在某速度范围内行驶时，转向轮摇摆或转向盘抖动。

（2）故障原因

1）转向器蜗杆两端轴承严重磨损，间隙过大。
2）横、直拉杆球头销及球头座磨损，使球关节松旷。
3）转向摇臂与摇臂轴的紧固螺栓、螺母松动。
4）前轮轮毂轴承磨损松旷，紧固螺母松动。
5）前轮前束过大，车轮外倾角、主销后倾角过小。
6）前轴弯曲，车架、前轮轮辋变形。
7）前轮胎由于修补或装用翻新胎而失去平衡。
8）减振器失效，前钢板弹簧刚度不一致。

（3）诊断与排除

1）一人转动转向盘，另一人在车下观察转向器和传动机构。若转向盘转动了一定角度，而转向摇臂并不转动，则故障在转向器。若转向摇臂转动了一定角度而前轮并不偏转，则故障在转向传动机构。

2）若故障在转向器，则应拆下转向器，检查螺杆与指销（螺母齿条与齿扇）啮合间隙是否过大。若过大则应调整。

3）如果故障在转向传动机构，则应将横、直拉杆拆下，检查横、直拉杆球头销和球头碗是否磨损严重，弹簧是否折断，螺塞是否调整过松，必要时应重新调整或换件。

4）若转向盘自由转动量符合要求，则用千斤顶将前轮顶起，用撬棍往上撬轮胎。若有松旷量，则为前轮轮毂轴承松旷或转向节主销与衬套间隙过大，应进行调整或修理，轴承损坏应更换。

5）确认前轮无松旷量后，应检查前轮前束是否符合要求，若不符合要求则应重新调整。

6）若前轮前束符合规定，则应检查钢板弹簧 U 形螺栓、转向器紧固螺栓是否松动。若松动则应按规定力矩拧紧。

7）若上述检查无异常，则应检查前钢板弹簧刚度和减振器是否失效。若刚度不符合要求或减振器失效则应更换。

8）若存在摆振现象，则应对转向轮进行平衡检测和校正。

9）经上述检查调整仍无效时，应卸下前轴和车架，检查前轴是否弯曲变形。若变形则应校正或更换。

2. 低速摆头

（1）故障现象

汽车在低速行驶时，驾驶人感到方向不稳，前轮摆振。

（2）故障原因

1）货车载重前后不均。
2）前轮胎气压过低或过高。
3）前悬架弹簧错位、折断或固定不良。
4）转向盘自由行程过大或转向拉杆球头销松旷。
5）转向节主销与衬套的配合间隙过大，或前轴主销孔与主销配合间隙过大。
6）前轮定位不正确。

（3）诊断与排除

1）检查车辆装载的货物是否超长，引起前轮承载过小。检查前轮胎气压是否过低或过高。检查前悬架弹簧是否错位、折断或固定不良。若错位则应拆卸修复。若折断则应更换。若固定不良则应按规定力矩拧紧。

2）检查转向盘自由行程，由一人握紧转向摇臂，另一人转动转向盘试验。若转向盘自由行程过大，则说明转向器啮合传动副间隙过大，应调整。放开转向摇臂，仍由一人转动转向盘，另一人在车下观察转向拉杆球头销。若有松旷现象，则说明球头销或球碗磨损过度，弹簧折断或调整过松，应先更换损坏的零件，再进行调整。

3）若以上检查均正常，则可支起前桥，并用手沿转向节轴轴向推拉前轮，凭感觉判断是否松旷。若有松旷感，则可由另一人观察前轴与转向节的连接部位。若此处松旷，则说明转向节主销与衬套的配合间隙过大，或前轴主销孔与主销配合间隙过大，应更换主销及衬套。若此处不松旷，则说明前轮毂轴承松旷，应重新调整轴承的预紧度。

4）若非上述原因所致，则应对前轴进行检查。检查前轮定位是否正确。若不正确则应调整。检查前轴是否变形，若有变形则应进行校正。

3. 高速摆头

（1）故障现象

汽车以高速或某一个较高速度行驶时，转向盘抖动，行驶不稳定。

（2）故障原因

1）前轮胎气压过低。
2）转向器及转向传动机构松动。
3）前减振器漏油或失效。
4）悬架弹簧松动。
5）前轮偏摆或不平衡。

6）前轮定位不正确或车架变形。

（3）诊断与排除

1）外观检查：检查前轮胎气压是否过低。若气压过低则应充气至规定值。检查前桥、转向器及转向传动机构是否松动。若松动则应紧固。检查前减振器是否漏油。若漏油或失效则应更换。检查左、右悬架弹簧是否折断或弹性减弱。若折断或弹性减弱则应更换。检查悬架弹簧是否固定可靠。若松动则应紧固。

2）无负荷检查：支起驱动桥，用三脚架顶住非驱动轮，起动发动机并逐步使变速器换入高档，让驱动轮达到使车身摆振的转速。若此时车身和转向盘开始抖动，则说明传动轴严重弯曲或松旷，驱动桥齿轮啮合间隙过大，应更换或调整。若此时车身和转向盘不抖动，则说明故障在非驱动桥。

3）检查前轮是否偏摆：支起前桥，在前轮轮辋边上放一划针，慢慢转动车轮，查看轮辋是否偏摆过大。若轮辋偏摆过大则应更换。拆下前轮，在车轮动平衡仪上检查前轮的动平衡情况。若不平衡量不大则应加装平衡块。

4）经上述检查均正常，则应检查车架和前轮是否正常。用前轮定位仪检查前轮定位是否正确。若不正确则应调整。检查车架有无变形。若有变形则应校正。

第7章

悬架系统

Chapter 7

7.1 悬架系统分类与组成 192

7.2 悬架系统的维修要点 198

7.3 悬架系统常见故障诊断与排除 201

7.1 悬架系统分类与组成

1. 悬架系统概述

悬架将车身与车轮连接在一起，具有下列功能：

① 行驶时，与轮胎一起吸收和缓冲车身因路面不规则性而受到的各种振动、摆动和冲击，以保护乘客和货物，改善驾驶稳定性。

② 将路面和车轮之间摩擦产生的驱动力和制动力传至底盘和车身。

③ 支撑车身，并在车身和车轮之间保持恰当的几何关系。

悬架主要组件构成如图 7-1-1 所示。

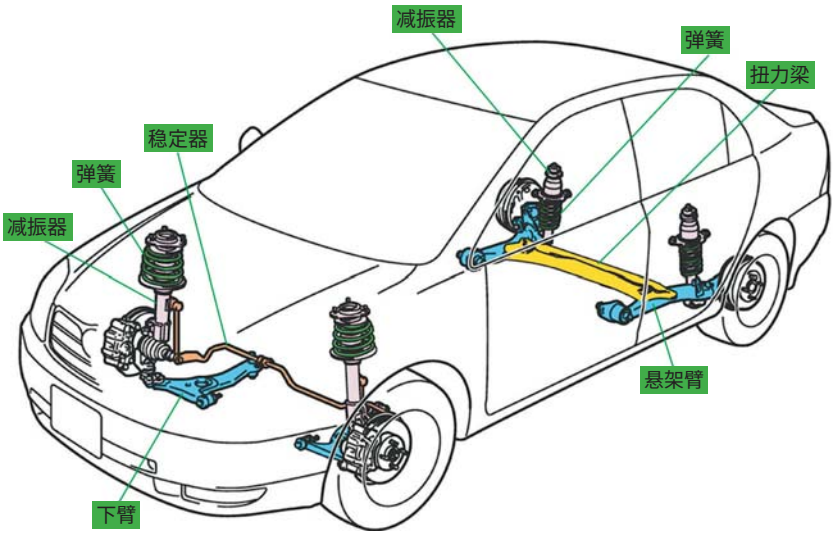


图 7-1-1 悬架系统组成

2. 悬架系统分类

根据结构，悬架可分为下列两种类型。

（1）非独立悬架

使两侧车轮用一个桥壳或桥梁支撑，并一起运动的悬架，如图 7-1-2 所示。

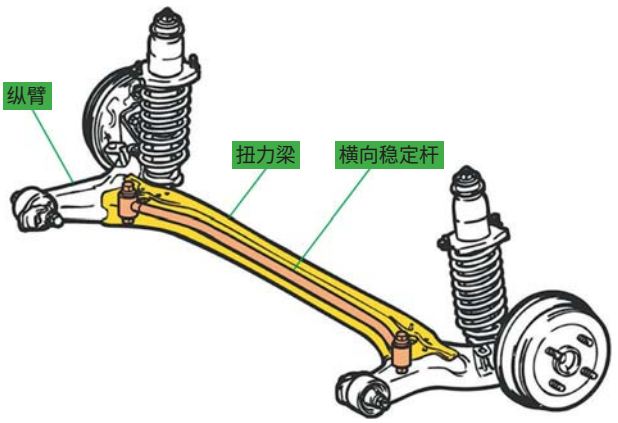


图 7-1-2 非独立悬架

（2）独立悬架

使每个车轮由安装在车身上的独立臂支撑，且两侧车轮独立运动的悬架，如图 7-1-3 所示。

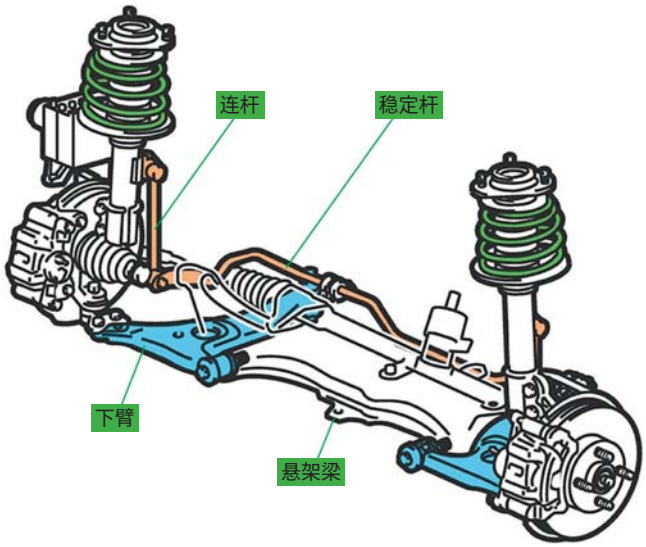


图 7-1-3　独立悬架

3. 常见非独立悬架

（1）扭梁杆式非独立悬架

扭梁杆式非独立悬架主要用作发动机前置前轮驱动汽车的后悬架，由焊接在可扭转的前桥梁上的悬架臂和稳定杆构成（有些没有稳定杆）。扭梁杆式非独立悬架结构如图 7-1-4 所示。

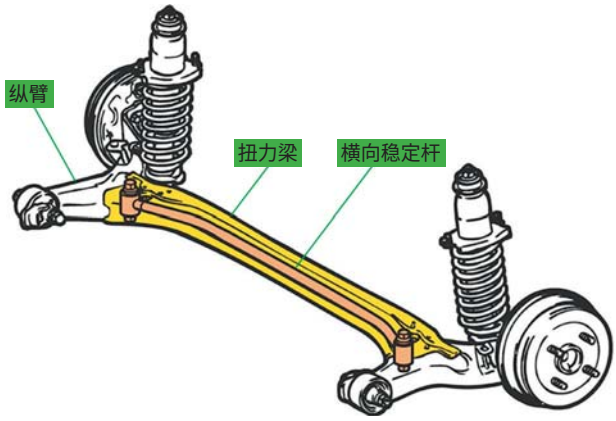


图 7-1-4　扭梁杆式非独立悬架结构

车辆在转弯和不平道路上行驶时，稳定杆随前桥梁扭转，降低了车身的横摇幅度，保持了车辆行驶的稳定性。

（2）钢板弹簧式非独立悬架

钢板弹簧式非独立悬架主要用作小型客货车和大型客车的前悬架，以及商用车的后悬架。这种悬架结构简单但强度较高。由于弹簧必须保证一定的刚性，装用这种悬架的车辆的乘坐舒适性不是很好。钢板弹簧式非独立悬架结构如图 7-1-5 所示。

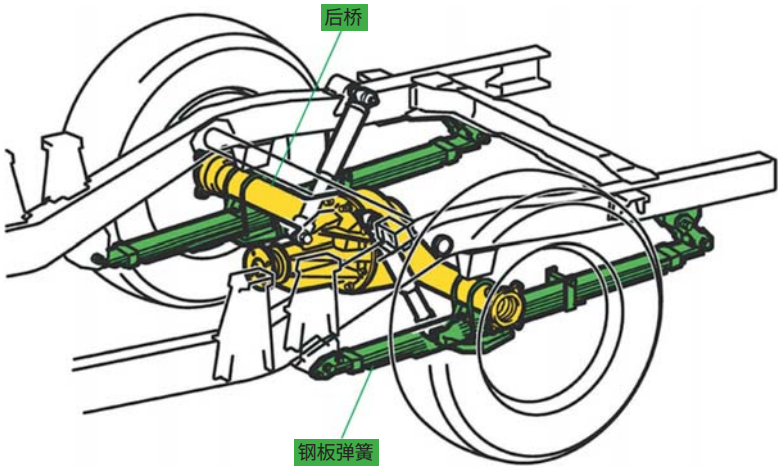


图 7-1-5　钢板弹簧式非独立悬架结构

4. 常见独立悬架

（1）麦弗逊式独立悬架

麦弗逊式独立悬架是中小型车辆广泛使用的前悬架形式。麦弗逊式独立悬架结构如图 7-1-6 所示。

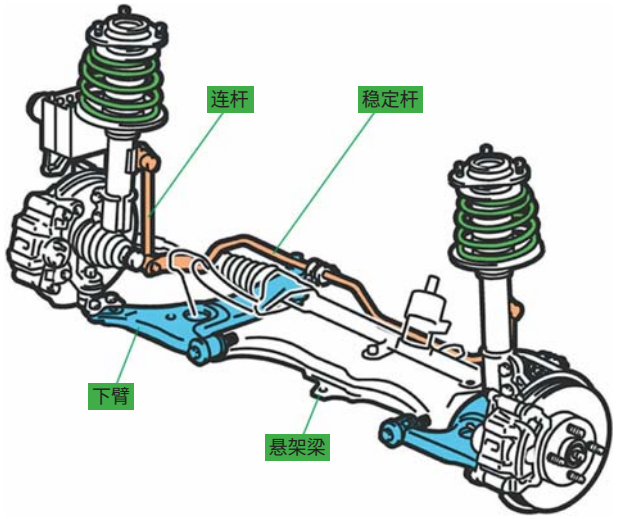


图 7-1-6　麦弗逊式独立悬架

麦弗逊式独立悬架的结构相对简单、零件少、重量轻，有利于降低簧下质量。此外，这种悬架占用空间小，能增加发动机舱的可用空间，支撑点之间距离大，安装误差或零件制造误差对前轮定位的干扰小，除车轮前束外，一般不需要定位调整。

（2）双横臂式独立悬架

在双横臂式独立悬架中，车轮通过上、下臂安装到车身上，如图 7-1-7 所示。这种悬架的几何形状可根据上、下臂的长度及其安装角按需设计。

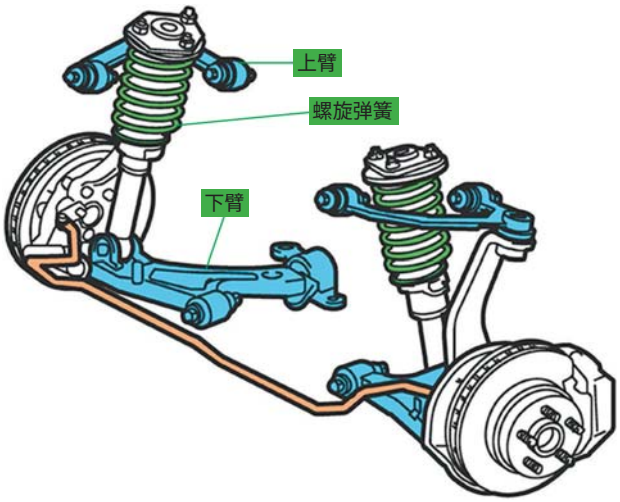


图 7-1-7　双横臂式独立悬架

如果上、下臂平行且长度相等，则轮距和车轮外倾角会改变，其结果是不可能获得足够的转弯性能。此外，轮距的变化会造成轮胎过度磨损。为解决这一问题，通常采用上臂比下臂短的设计，使轮距和车轮外倾角的变化减少。

5. 悬架的弹性元件

（1）钢板弹簧

钢板弹簧由一组弯曲的钢质弹簧片组成，按照由短到长的次序层叠在一起。这些层叠的弹簧片用中心螺栓或铆钉紧固在一起，可防止弹簧片滑动到不合适的位置。最长的弹簧片两端均弯曲成卷耳，用于将弹簧连接到车架或相关构件（如组梁）上，如图 7-1-8 所示。

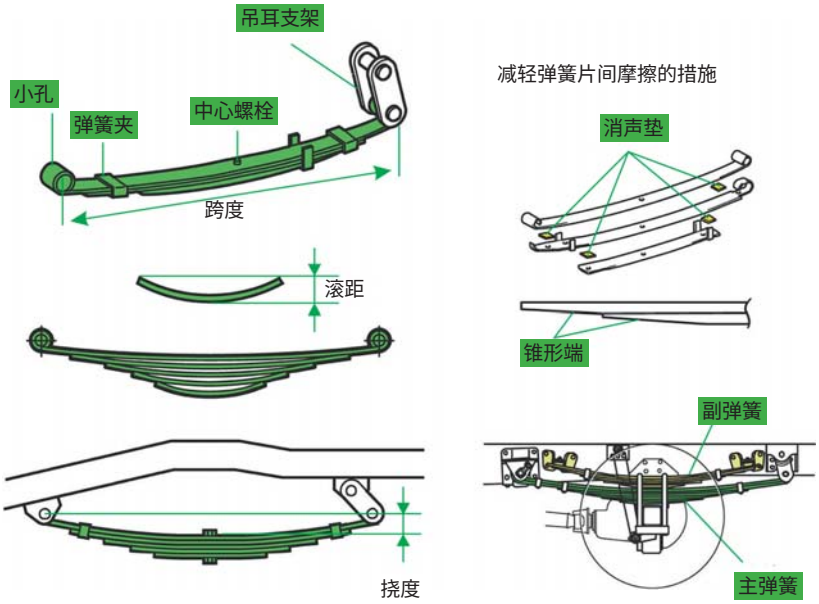


图 7-1-8　钢板弹簧

（2）螺旋弹簧

将特种弹簧杆制成螺旋状便可获得螺旋弹簧。当螺旋弹簧上有一定负载时，整个簧体会收缩、扭转。螺旋弹簧可吸收外界的冲击能量，起到缓冲作用，如图 7-1-9 所示。

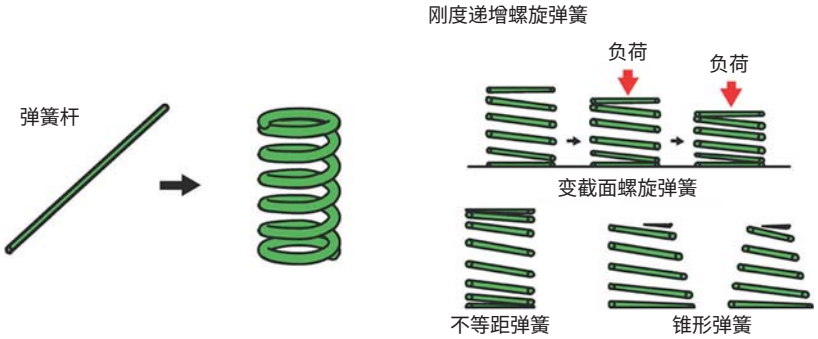


图 7-1-9　螺旋弹簧

（3）空气弹簧

一些有频繁改变车身高度要求及可适应多种路况的车辆通常采用空气弹簧，它通过充放气来调节刚度和高度，其结构如图 7-1-10 所示。

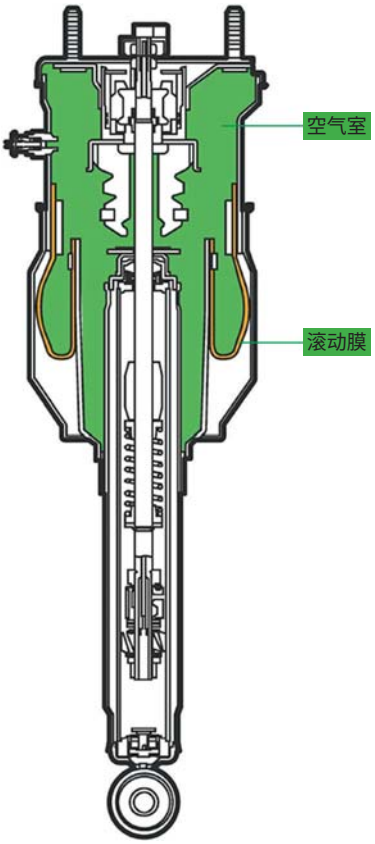


图 7-1-10　空气弹簧

6. 减振器

汽车通常使用伸缩筒式减振器，它以减振器油作为工作介质。在这类减振器中，活塞的运动迫使减振器油流经节流孔（小孔）产生流动阻力，从而缓冲路面冲击，如图 7-1-11 所示。

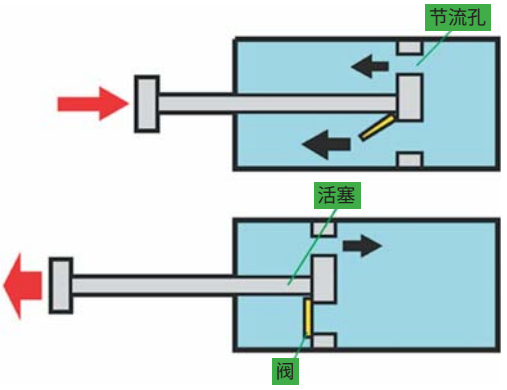


图 7-1-11　减振器原理

减振器壳（外筒）内有一液压缸（压力筒），缸内有一上下运动的活塞。活塞杆底部装有滑阀，在减振器受拉时（回弹时）产生阻力。液压缸底部有一底阀，在减振器受压时产生阻力。减振器结构如图 7-1-12 所示。

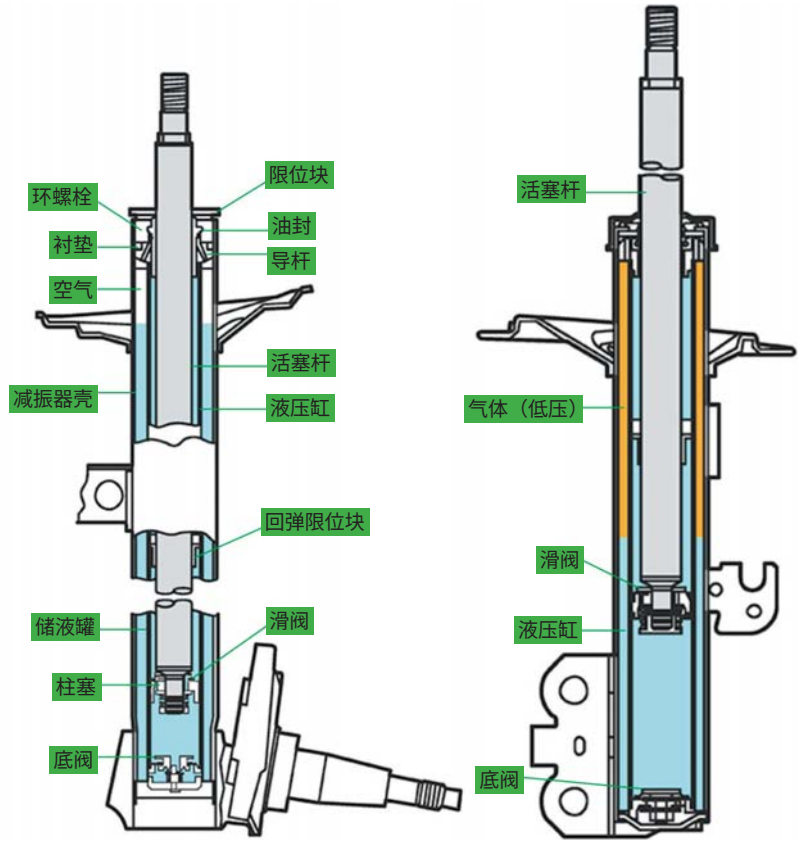


图 7-1-12　减振器结构（双筒式）

7.2 悬架系统的维修要点

1. 前轮前束的调整

注意：

前轮前束调整前，应确保车辆停放在水平路面上，确保车轮都朝向正前方。

1）举升车辆。

2）松开图 7-2-1 所示的横拉杆两端紧固螺母。通过顺时针或逆时针以相同的转动量转动横拉杆来调整前轮前束值。

3）紧固横拉杆两端紧固螺母。

2. 下摆臂总成的拆卸检查要点

1）拆卸车轮，举升车辆。

2）用扭力扳手拧下后下摆臂总成与副车架间的紧固螺栓和螺母，如图 7-2-2 所示。

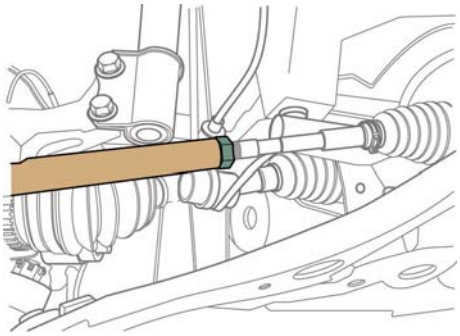


图 7-2-1 横拉杆调整螺母

图 7-2-2 拧下下摆臂总成与副车架间的紧固螺栓

下摆臂检查与更换

3）拧下前下摆臂与副车架间的紧固螺栓和螺母，如图 7-2-3 所示。

4）拧下球头与转向节的连接螺母和螺栓，如图 7-2-3 所示。

5）分离下摆臂与转向节，如图 7-2-4 所示

6）取下下摆臂总成，并清理其表面灰尘，如图 7-2-5 所示。

7）检查下摆臂球头、安装表面有无异常磨损，如图 7-2-6 所示。

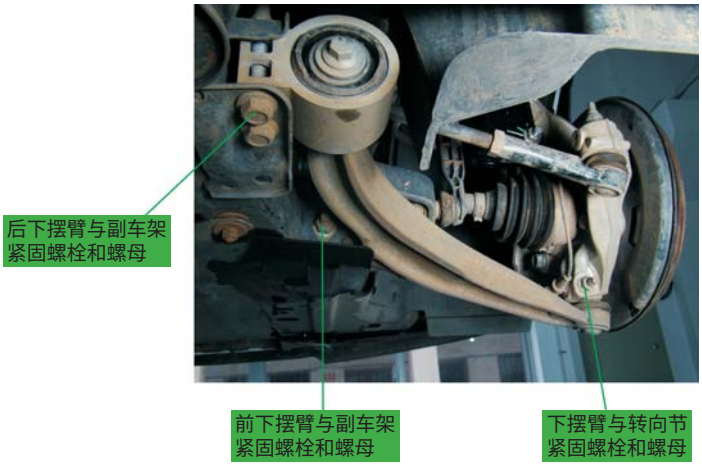


图 7-2-3　后下摆臂、转向节紧固螺母和螺栓

图 7-2-4　分离下摆臂与转向节

图 7-2-5　取下下摆臂总成

a)　b)　c)

图 7-2-6　检查下摆臂总成

3. 减振器总成的拆卸要点

前悬架减振器与减振器弹簧的检查与更换

1）拆卸车轮，举升车辆。将制动软管、轮速传感器线束从减振器上分离。

2）如图 7-2-7 所示，拧下减振器与转向节间的紧固螺栓和螺母。

3）将稳定杆连接螺母从减振器总成上拧下，如图 7-2-8 所示。

图 7-2-7　拧下减振器和转向节螺栓、螺母

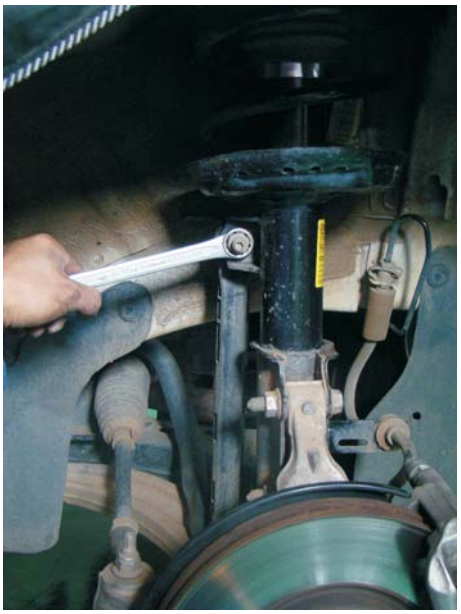


图 7-2-8　拧下稳定杆螺母

后悬架减振器的检查与更换

4）降下车辆，在发动机舱内拧下减振器支座螺母，取出支座，如图 7-2-9 所示。

a）

b）

图 7-2-9　拧下发动机舱内的减振器支座螺母

5）如图 7-2-10 所示，使用液压千斤顶顶起转向节，将转向节与减振器总成分离。
6）如图 7-2-11 所示，将减振器总成取出。

图 7-2-10　顶起转向节

图 7-2-11　取出减振器总成

7.3 悬架系统常见故障诊断与排除

1. 行驶平顺性不良

转向节拆卸与更换

（1）故障现象

汽车行驶时出现车身振动，加速时出现窜动，驾乘感觉不舒服。

（2）故障原因

1）前稳定杆卡座松旷或橡胶支承损坏。
2）车轮未动平衡。
3）减振器或缓冲块失效。
4）发动机横梁和下摆臂的紧固螺栓或衬套松旷。
5）半轴内外万向节磨损松旷。
6）轮胎气压过高，磨损不均。

（3）诊断与排除

1）检查发动机工作是否正常。若有异常则修理或更换相应的发动机部件。

2）检查前稳定杆卡座是否松动。若有松动则修理卡座或橡胶支承。若没有松动则检查钢板弹簧 U 形螺栓、发动机横梁和下摆臂的螺栓，以及转向横拉杆球头，进行相应的紧固和更换。

3）查看轮胎气压是否过高。若过高则进行放气操作。

4）检查车轮轴承是否松旷。若松旷则进行相应的紧固。

5）查看减振器或缓冲块是否失效。若失效则修理或更换减振器或缓冲块。

6）检查车轮的动平衡。若未达动平衡则进行相应调节。

2. 车身横向切斜

（1）故障现象

汽车车身左高右低或左低右高，出现倾斜。

（2）故障原因

1）两侧轮胎气压不一致。

2）两侧轮胎规格不一致。

3）悬架弹簧自由长度或刚度不一致。

4）下摆臂变形。

5）发动机横梁和下摆臂的紧固螺栓或衬套松旷。

6）减振器或缓冲块损坏。

7）发动机横梁变形。

8）车身变形。

（3）诊断与排除

1）查看车辆前桥两侧车轮是否有差异。若有则检查两侧轮胎气压和轮胎规格是否一致。

2）检查前桥两侧弹簧自由长度和刚度是否一致。

3）检查两侧下摆臂是否变形或下摆臂与发动机横梁的衬套是否损坏。

4）检查前桥减振器和缓冲块是否失效。

5）查看发动机横梁和车身是否变形。

3. 行驶跑偏

（1）故障现象

汽车正常行驶，不制动时，必须紧握转向盘才能保持直线行驶，稍有放松便自动跑向一侧。

（2）故障原因

造成汽车行驶跑偏的根本原因是两侧车轮的相对位置不正确，或两侧车轮受到的阻力不一致。具体原因如下：

1）两前轮胎气压不等，直径不一或汽车装载质量左、右分布不均。

2）前梁、车架发生水平面内的弯曲。

3）前轮定位不正确。

4）车轮有单边制动或拖滞现象。

5）转向杆系变形。

（3）诊断与排除

1）检查左右车身是否一高一低。若是则检查悬架或车架，进行相应的维修或更换，或者查看车辆装载的物品。

2）检查轮胎的气压、规格、磨损是否正常。若有异常则调整轮胎气压，或更换同规格的轮胎。

3）检查前轮定位是否正确。若有异常则重新定位。

第8章

车轮与轮胎

Chapter 8

8.1 车轮、轮胎结构与轮胎常规检查 205
8.2 轮胎拆卸、修补与动平衡 207

8.1 车轮、轮胎结构与轮胎常规检查

1. 车轮结构

车轮将轮胎固定到车辆底盘上，是介于轮胎和传动之间的承受负荷的旋转部件，如图 8-1-1 所示。车轮通常由钢或铝合金制成，主要由轮辋、轮辐和轮毂组成。轮辋用于安装轮胎，轮辐是轮毂与轮辋之间的支承部分。

图 8-1-1　车轮

常用的车轮结构术语包括车轮宽度、车轮高度、偏置距和轮辋孔距等，如图 8-1-2 所示。

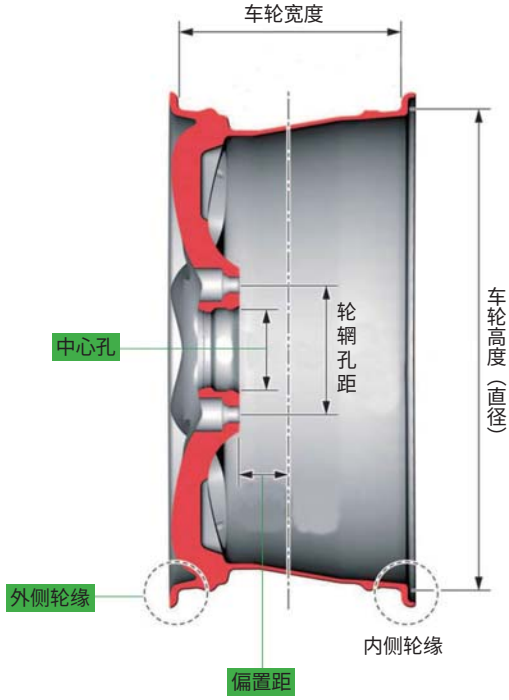


图 8-1-2　常用车轮结构术语

（1）车轮宽度

车轮宽度指跨过轮辋两侧的唇边之间的距离。

（2）车轮高度

车轮高度（直径）指在胎圈座区域，车轮顶部到底部的距离。

（3）偏置距

车轮的偏置距指从车轮的中心线到法兰盘之间的距离，如图 8-1-2 所示。偏置距是车辆设计的重要变量之一。如果中心孔偏离车轮中心的距离是零，则偏置距为零。如果中心孔在车轮中心右侧，则为正偏置距，反之为负偏置距。前轮驱动的汽车通常使用正偏置距车轮。

（4）孔距

孔距指所有车轮螺栓安装位中心连接而成的圆的直径。

2. 轮胎结构

目前绝大多数汽车都采用充气轮胎。汽车充气轮胎分为有内胎式和无内胎式两种。有内胎轮胎的主要缺点是不适合高速行驶，高速行驶时胎温较高，容易爆胎导致安全事故。无内胎轮胎具有更好的缓冲性能和更长的使用寿命，可提高车辆行驶的安全性。无内胎轮胎结构如图 8-1-3 所示。

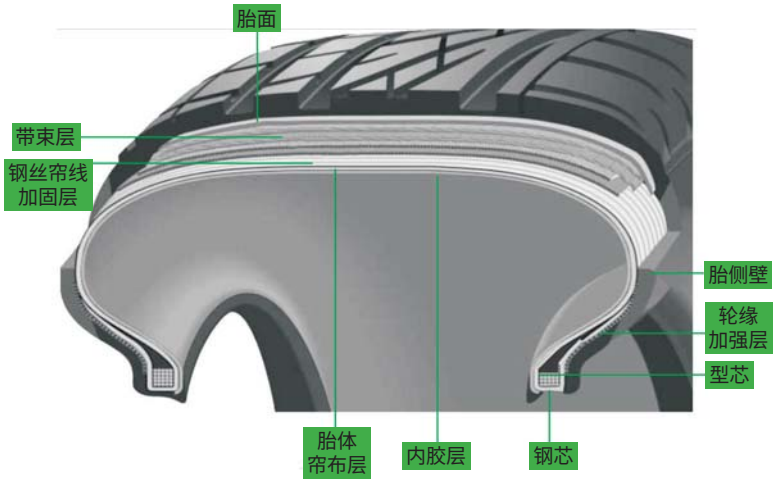


图 8-1-3　无内胎轮胎结构

3. 轮胎压力检查

在正常行驶状态下，合适的轮胎气压能优化轮胎的磨损量，延长轮胎的使用寿命，提高车辆的乘坐舒适性和操纵性，同时还能提高车辆的燃油经济性。

轮胎信息标牌中标注了轮胎气压值，该标牌通常位于驾驶人侧的门框上、或杂物箱内侧、或用户手册中。

车辆所处的环境温度会影响轮胎气压。高温会提高轮胎气压，低温会降低轮胎气压。

使用冷态气压参数充气时，需先将车辆静置一段时间后再操作。

目测检查轮胎的变形量，可帮助确定轮胎的充气状态是否合适，但不能判断轮胎的准确气压值，因此应使用轮胎气压表来检查轮胎气压是否符合要求。轮胎气压检查方法如图 8-1-4 所示。

图 8-1-4　轮胎气压的检查

4. 轮胎的磨损检查

使用过程中应经常检查轮胎的花纹磨损情况，一般通过磨损指示标记来判断，轮胎磨损指示标记如图 8-1-5 所示。磨损指示标记设计在轮胎胎面沟槽底部，呈窄条状，从轮胎一侧延伸到另一侧。磨损指示标记用于指示胎面花纹深度，当胎面磨损到与磨损指示标记平齐时，便需要更换轮胎。

轮胎花纹深度也可使用轮胎花纹深度计来测量。测量前，首先应清除轮胎花纹中的杂物，以保证测量的准确性。测量时，把轮胎花纹深度计放在胎面沟槽中（不包括磨损指示标记），深度计的读数即为轮胎花纹深度值，如图 8-1-6 所示。

图 8-1-5　轮胎磨损指示标记

图 8-1-6　轮胎花纹深度检查

8.2 轮胎拆卸、修补与动平衡

1. 轮胎拆装注意事项

拆装轮胎时应注意以下事项：

① 拆装轮胎要在清洁、干燥、无油的场所进行，通常使用轮胎拆装机进行操作。

② 安装新轮胎时要注意轮胎尺寸、旋转方向及轮胎的平衡标记。

③ 检查并清除轮辋上的橡胶和锈蚀，便于轮胎与轮辋接合。

④ 检查气门嘴与轮辋或气门芯是否配合平整，并清除灰尘。充气后应检测气密性，并安装气门芯帽。

⑤ 在轮胎胎圈和轮辋上涂抹适量的润滑剂，便于轮胎的安装。

⑥ 充气时注意安全防护。充气开始时用橡胶锤轻击轮胎，使轮胎平稳嵌入轮辋圈槽内，防止轮胎跳动。

⑦ 将轮胎充气至规定气压，过高或过低的气压会影响轮胎的使用寿命。

⑧ 充气结束后，应确认胎圈完全嵌入轮辋内。

2. 轮胎拆卸步骤

1）使用轮胎气门芯工具给轮胎放气。

2）使用轮胎拆装机的侧铲压开轮胎侧壁，如图 8-2-1 所示。

注意：

受压位置应尽可能避开气门嘴。

3）将车轮放置在轮胎拆装机上，操作轮胎拆装机卡紧车轮。

4）使用轮胎拆装机上臂压下轮胎胎面，如图 8-2-2 所示。

注意：

上臂头与轮辋之间应保持一定距离，避免划伤轮辋。

图 8-2-1　压开胎壁

图 8-2-2　压下胎面

5）使用撬杆撬起胎壁并卡到轮胎拆装机上臂上，如图 8-2-3 所示。使用轮胎拆装机撬出胎壁的同时旋转轮胎，拆下轮胎的上半部分。

6）使用撬杆撬起轮胎的下侧胎壁，如图 8-2-4 所示。

图 8-2-3　翘起胎壁

图 8-2-4　撬起下侧胎壁

7）旋转轮胎拆装机彻底拆下轮胎，如图 8-2-5 所示。

图 8-2-5　彻底拆下轮胎

3. 补胎

轮胎在使用过程中被扎伤不可避免。扎入轮胎胎面的尖锐物体的扎孔直径小于 6 mm，以扎孔为圆心，半径 40 mm 范围内无其他扎孔时，可对轮胎进行修补。

（1）热补胎法

1）做好标记：拆下轮胎，并在被扎的部位做好标记，如图 8-2-6 所示。

2）内部打磨：取出钉子，对被扎部位的内壁进行打磨。注意打磨时不要损坏轮胎帘布层，如图 8-2-7 所示；

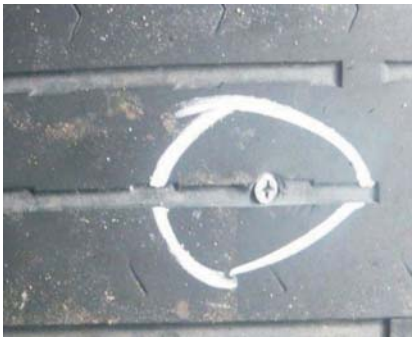


图 8-2-6　标记被扎部位

图 8-2-7　打磨被扎部位内壁

3）贴上胶片：给打磨的部位涂抹胶水，贴上专用的热补胶片，如图 8-2-8 所示。

4）热补加热：使用热补机对胶片进行加热，如图 8-2-9 所示。加热时间根据相关要求进行设定。

图 8-2-8　涂胶水贴胶片

图 8-2-9　加热胶片

5）热补完成：热补成功后整个胶片应与轮胎熔为一体，如图 8-2-10 所示。装上轮胎，检查漏气部位是否还有泄漏。

（2）蘑菇钉式冷补

1）准备蘑菇钉：拆下被扎的轮胎，取出上面的钉子，准备好蘑菇钉，如图 8-2-11 所示。

图 8-2-10　热补完成

图 8-2-11　准备蘑菇钉

2）涂胶：在蘑菇钉上涂专用胶水，如图 8-2-12 所示。

3）打磨吸尘：对轮胎内壁被扎的部位进行打磨吸尘。

4）穿入蘑菇钉：将蘑菇钉从轮胎内壁穿入破孔，使其顶端从胎面穿出，如图 8-2-13 所示。

图 8-2-12　涂胶

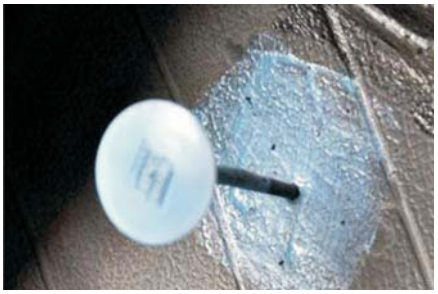


图 8-2-13　穿入蘑菇钉

5）抽出贴合：用工具从外侧拉蘑菇钉顶部，使胎壁内的蘑菇钉底座尽量与胎壁贴合，如图 8-2-14 所示。

6）压紧：从内壁辗压蘑菇钉底座以保证贴合，再次涂胶，如图 8-2-15 所示。

图 8-2-14　拉蘑菇钉顶部

图 8-2-15　压实蘑菇钉

7）割掉多余：将穿出轮胎胎面的蘑菇钉顶部多余部分裁掉。

4. 轮胎动平衡

（1）动平衡原理

车轮各部分质量分布不均会导致其动不平衡，通过加装平衡块可解决动不平衡问题。

在补胎后或中、高速行驶时出现有规律的车身跳动或转向盘抖动，就有可能是车轮动不平衡所致。动不平衡可能导致以下问题：

① 行使时车身或转向盘抖动，影响行使稳定性。

② 轮胎发生偏磨，使用寿命缩短。轮胎不正常磨损后还可能出现异响，影响乘坐舒适性。

③ 减振器、球头等悬架部件的负荷增大，使用寿命缩短。

（2）动平衡操作

1）前期准备。进行动平衡测试前，应清除轮胎及轮辋上的杂物并取下旧平衡块，保证轮胎和轮圈表面清洁，确保轮胎气压符合标准。

2）固定车轮。使用专用固定工具将车轮安装在动平衡机上，注意选择的锥体应与轮辋中心孔大小相当，保证固定牢靠，如图 8-2-16 所示。

3）输入参数。根据动平衡机的要求测量轮胎和轮辋的相关参数，主要包括轮辋边缘距离动平衡机机箱的距离，使用机箱上的专用刻度尺进行测量。轮辋宽度，使用专用卡尺测量。轮圈直径，根据轮胎规格参数得知，如图 8-2-17 所示。

图 8-2-16　固定车轮到动平衡机上

a)

b)

图 8-2-17 测量数据

4）采集数据。输入相关数据后，按下确认键开始测试，如图 8-2-18 所示。测试过程中车轮高速旋转，动平衡机自动采集数据。待车轮停转后，控制台显示出测试结果。左、右显示器显示的两个数字分别表示车轮内、外两侧需要添加的平衡块的质量，如图 8-2-19 所示。

图 8-2-18 输入数据开始测量

图 8-2-19 测试结果

5）确定平衡块安装位置。根据动平衡机中间显示屏的提示，用手慢慢转动车轮，确定平衡块安装位置。

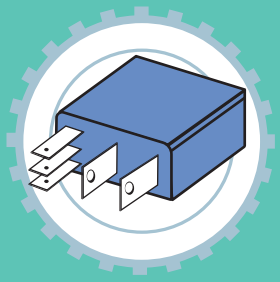
6）安装平衡块。平衡块是车轮动平衡校正所使用的基本物件，其表面有规格（质量）和材质信息。按固定形式不同，平衡块可分为挂钩式和粘贴式两种。平衡块应按动平衡机的提示进行安装（图 8-2-20），保证安装位置和平衡块规格（质量）都正确。安装平衡块后可能产生新的动不平衡，应重新进行动平衡测试及校正，直至达到动平衡。

a)

b)

图 8-2-20 安装平衡块重新检测车轮动平衡性

第9章



汽车电气系统

Chapter 9

9.1 汽车空调系统 214

9.2 充电、起动系统 218

9.3 照明系统 226

9.4 其他电动辅助装置 229

9.1 汽车空调系统

9.1.1 汽车空调系统基本原理

1. 汽车空调的作用与组成

汽车空调系统的功用是调节车内温度（即提供冷气与暖气）、通风、净化车内空气。汽车空调系统由制冷、制暖、通风和电气控制四个子系统组成，如图 9-1-1 所示。

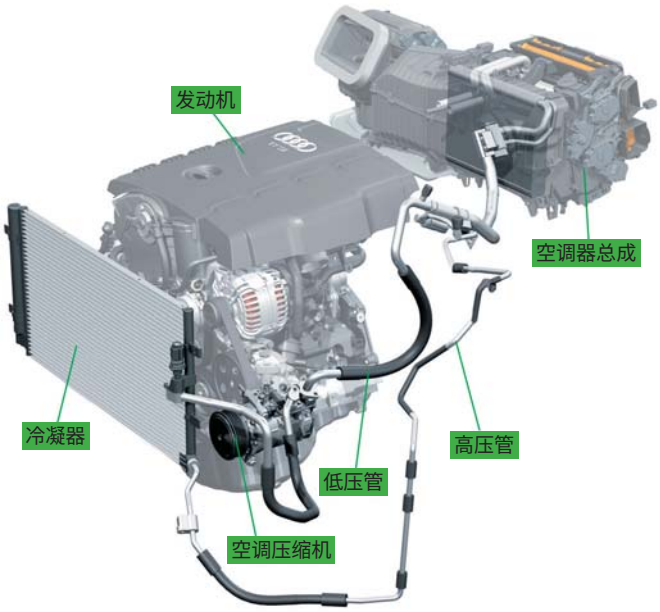


图 9-1-1　空调系统组成

（1）制冷系统

汽车空调系统产生冷气的过程称为制冷。制冷系统主要由压缩机、冷凝器、干燥过滤器、节流元件和蒸发器等组成，它们之间由特制的橡胶软管或金属管路连接起来，形成一个封闭的制冷循环系统。

（2）制暖系统

制暖系统对车内空气和由外部进入车内的新鲜空气进行加热，达到提高车内温度和除湿的目的。

（3）通风系统

通风系统主要由空气分配装置、鼓风机、控制风门和空气净化装置等组成。通风系统的作用是不断将新鲜空气引入车内，并通过净化装置对空气进行清洁，以提高车内空气质量。

（4）电气控制系统

电气控制系统主要指控制面板及控制电路。电气控制系统对空调制冷系统和制暖系统的温度和压力进行控制，并对车内空气的温度、流速和湿度进行控制，以满足驾乘人员对车内环境的需求。

2. 空调制冷系统工作原理

制冷剂在空调制冷循环系统内的四个工作过程分别为：压缩—冷凝—膨胀—蒸发，如图 9-1-2 所示。

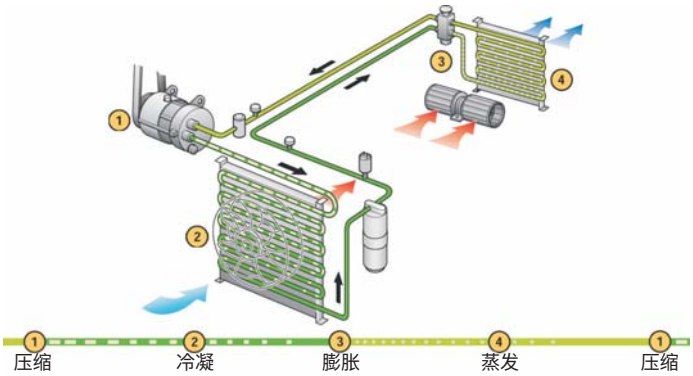


图 9-1-2　空调制冷循环过程

（1）压缩过程

压缩机工作时，从蒸发器出口的低压回路吸入气态制冷剂，将其加压后经高压管送到冷凝器中进行冷却。气态制冷剂被压缩时，其温度和压力会升高。压缩机入口处的制冷剂温度为 0~3℃，压力约为 150kPa，被压缩后其温度可达约 80℃，压力约 1800kPa。此时制冷剂的形态为高温高压气态。

（2）冷凝过程

冷凝过程主要在冷凝器内完成。制冷剂在冷凝器内释放热量，由气态变为液态。进入冷凝器中的气态制冷剂，在冷却风扇的作用下，通过与外部空气进行热交换来冷却，温度下降至沸点以下。此时，制冷剂由高温高压气态转变为中温高压液态。

（3）膨胀过程

冷凝后的中温高压液态制冷剂被送入节流元件。节流元件的进口空间小（即截面积小），出口空间大（即截面积大），具有节流降压作用。从节流元件流出的制冷剂的压力和温度均会降低。由于其压力已降低，沸点已低于环境温度，部分液态制冷剂开始沸腾，由液态变为气态，温度降低。但是，节流元件出口处的大部分制冷剂仍为液态。

（4）蒸发过程

经节流元件节流降压后，进入蒸发器的气液混合态制冷剂完全汽化。制冷剂在蒸发过程中需要吸收热量，这使蒸发器表面温度下降。在鼓风机的作用下，空气不断流过低温的

蒸发器表面，被冷却后再送进车厢内，达到制冷的目的。

在蒸发过程中，气液混合态制冷剂经过蒸发器吸收热量完全汽化，变为低温低压气态。气态制冷剂又经蒸发器出口及低压管路回到压缩机，进入下一个制冷循环过程。

3. 空调压缩机

汽车空调压缩机是制冷系统的“心脏”，其作用是吸入来自蒸发器的低温低压气态制冷剂，将其压缩成高温高压气态后送往冷凝器，保证制冷剂在系统中循环流动。

目前，汽车上使用最多的是斜盘式压缩机。斜盘式压缩机是一种轴向往复活塞式压缩机，它由离合器、主轴、斜盘、活塞、进气调节阀、排气调节阀及安全阀等组成。这种压缩机通常以主轴为中心，在其圆周布置若干个气缸及双向活塞，每个气缸两端都有进气阀和排气阀。当主轴旋转时，斜盘也随之旋转，同时驱动所有活塞做轴向往复运动。斜盘式压缩机构造如图 9-1-3 所示。

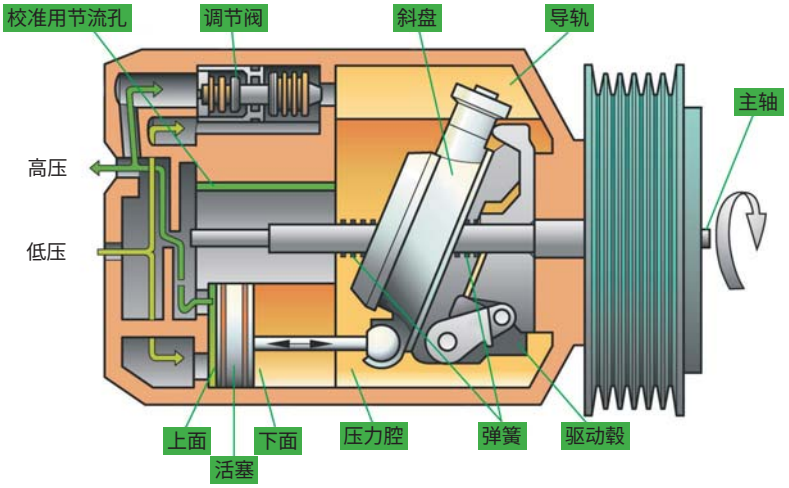


图 9-1-3 斜盘式压缩机构造

9.1.2 空调系统维修要点

制冷剂的排放（压力表）

空调制冷剂的排放（加注机）

1. 空调系统抽真空

对制冷系统进行维修或更换部件时，空气会进入系统管路中。空气中含有一定量的水蒸气（湿空气），抽真空并不能直接把水抽出制冷系统，而是产生真空后降低了水的沸点，水汽化成蒸汽后被抽出制冷系统。因此，系统抽真空时，时间越长，系统内残余的水分就越少。为最大限度地将系统内的空气及水蒸气抽出，必须采用重复抽真空法，即第一次抽真空完毕后，再连续抽 30min 以上。

1）歧管压力表、真空泵与制冷系统的连接。将歧管压力表上的高、低压软管分别与压缩机或空调管路上的高、低接口相连，如图 9-1-4 所示。将歧管压力表上的中间软管与真空泵相连。

a）

b）

图 9-1-4　连接歧管压力表

2）抽真空。打开歧管压力表的高、低压手动阀，起动真空泵。歧管压力表真空度读数大于 95kPa 时，再持续 10min 后停止抽真空。

3）真空泄漏。关闭高、低压手动阀，歧管压力表读数应在 10min 内不降低。低压表读数应在 100~200kPa 之间。若抽真空时低压表读数达不到 100kPa，或达到了但在 10min 内降低，则说明制冷系统有泄漏。

4）检漏。系统内的真空度在 10min 内没有降低，低压表读数在 100~200kPa 之间，还要进行制冷剂检漏，方法是从低压端注入少量气态制冷剂。当压力达到 100kPa 时，迅速关闭制冷剂瓶和低压手动阀。用电子检漏仪（图 9-1-5）或肥皂水检漏法检漏。若管接头处有泄漏，则进行紧固。

注意：

如果抽真空不足，则空调管路内的水会冻结，这会阻碍制冷剂的流动并导致空调系统部件内表面生锈。

a）

b）

图 9-1-5　电子检漏仪

5）第二次抽真空。再次起动真空泵，打开歧管压力表的高、低压手动阀，继续抽真空不少于 30min，保证抽真空效果。结束时要先关闭高、低压手动阀，再关闭真空泵。

2. 空调系统制冷剂的加注

制冷剂的加注（压力表）

空调制冷剂的加注（加注机）

蒸发器的拆装

加热器和鼓风机控制总成的拆装

从高压端充注制冷剂的具体操作如下。

1）空调系统预先进行充注压缩机油、抽真空、检漏后，才能充注制冷剂。

2）按规定接好歧管压力表、制冷剂注入阀和高、低压端气门阀管路，然后用制冷剂去除软管内的空气。除去软管内空气的操作过程为先关闭高、低压手动阀，断开高压端气门阀和软管的连接，然后打开高压手动阀，最后打开制冷剂注入阀开关。在软管口处听到气态制冷剂发出的“嘶、嘶”声后，等待20~30s，立即将软管与高压端气门阀连上，关闭高压手动阀。用同样的方法清除低压端和管路中的空气，然后关闭高、低压手动阀。

3）将制冷剂罐倒立，打开高压手动阀至全开位置，以便液态制冷剂从高压端进入空调系统（此时不允许起动发动机和空调系统）。

4）制冷剂充注完毕后，关闭高压手动阀制冷剂注入阀。

5）起动发动机，打开空调 A/C 开关，并将鼓风机置于高速档，温控开关调到最冷位置。从视液镜中观察，确认制冷系统内无气泡、无过量制冷剂。观察歧管压力表读数是否正常，一般低压在 0.147~0.192MPa 之间，高压在 1.37~1.67MPa 之间为正常。

6）关闭空调 A/C 开关，熄灭发动机，静置 1~3min 后，卸下歧管压力表的两个接头。卸下接头时动作要迅速，以免泄漏过多制冷剂。

注意： 从高压端向制冷系统充注制冷剂时，发动机不应处于运转状态（即压缩机停转），更不可拧开歧管压力表上的手动低压阀，以防产生液压冲击。

9.2 充电、起动系统

9.2.1 充电、起动系统基本原理

1. 充电系统

充电系统一般由点火开关、蓄电池、发电机、调节器、充电指示灯及线束等组成。点火开关控制发电机的励磁电路。当点火开关打开时，发电机内部定子与转子之间建立磁场。

蓄电池是一个电化学装置，可储存发电机的电能，作为下次起动发动机的能量。发电机不工作时，蓄电池也可短时为车载电器提供电能。蓄电池构造如图 9-2-1 所示。

发电机是汽车充电系统中的关键部件，作用是产生电能并将电能输送给蓄电池和车载电器。发电机输出的是交流电，为车载电器供电时需要进行转换，这就需要一个二极管整流器将交流电转换成直流电。发电机结构如图 9-2-2 所示。

调节器一般安装在发电机上，作用是限制发电机的输出电压，防止电压过高对电路造成影响。

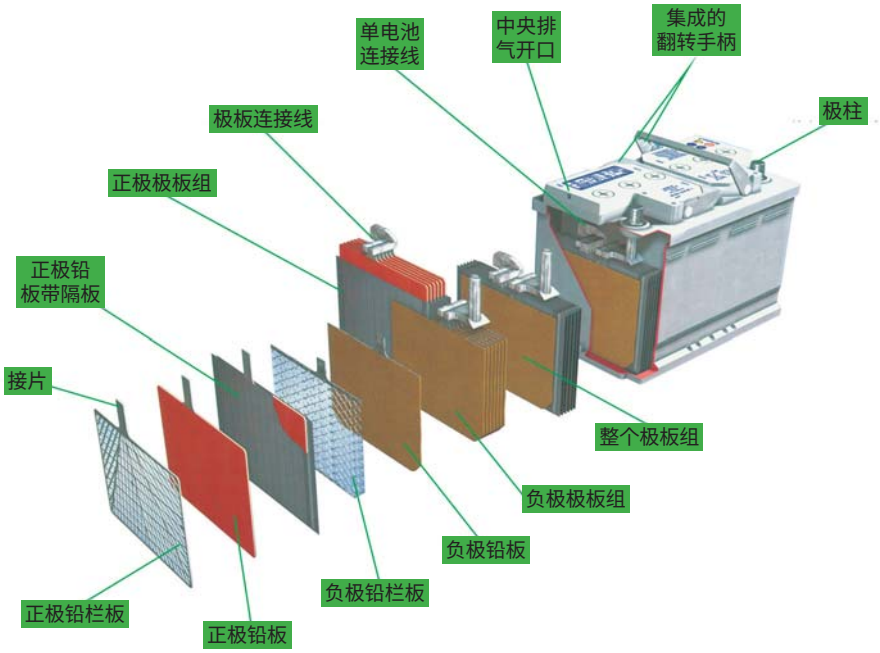


图 9-2-1　蓄电池结构

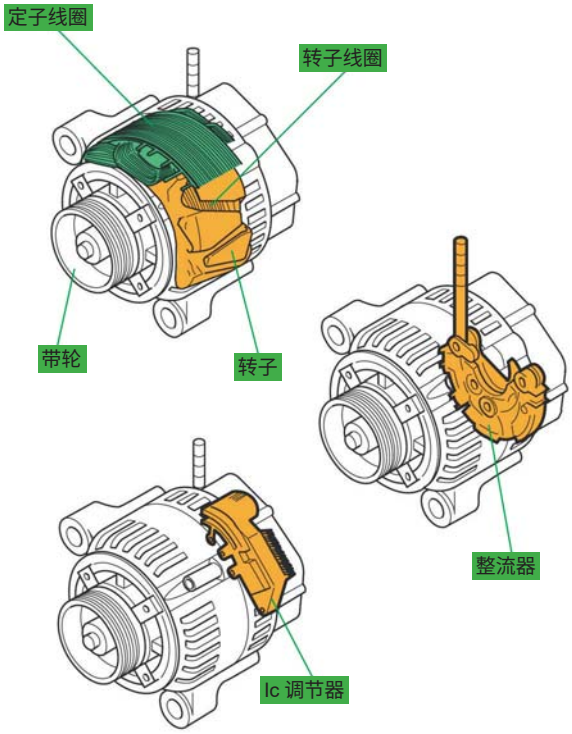


图 9-2-2　发电机构造

2. 起动系统

起动系统一般由蓄电池、点火开关、起动机、空档起动开关、起动继电器及起动线束等组成。起动机是汽车起动系统的核心部件（图 9-2-3），一般由直流电动机、控制机构和传动机构三部分组成。

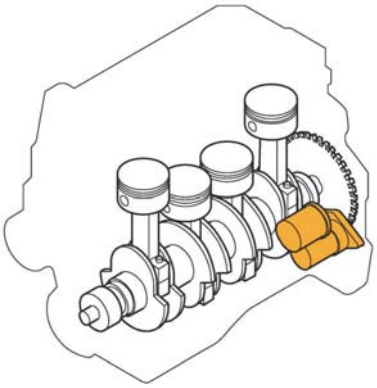


图 9-2-3　起动机安装位置

直流电动机的作用是将电能转换为机械能，产生转矩。控制机构用来控制起动机与蓄电池之间的电路通断，从而控制起动机的工作。传动机构的作用是在发动机起动时，使起动机驱动齿轮与飞轮齿环啮合，将起动机的转矩传递给发动机曲轴，并在发动机起动后，使驱动齿轮与飞轮齿环快速脱开。起动机的结构如图 9-2-4 所示。

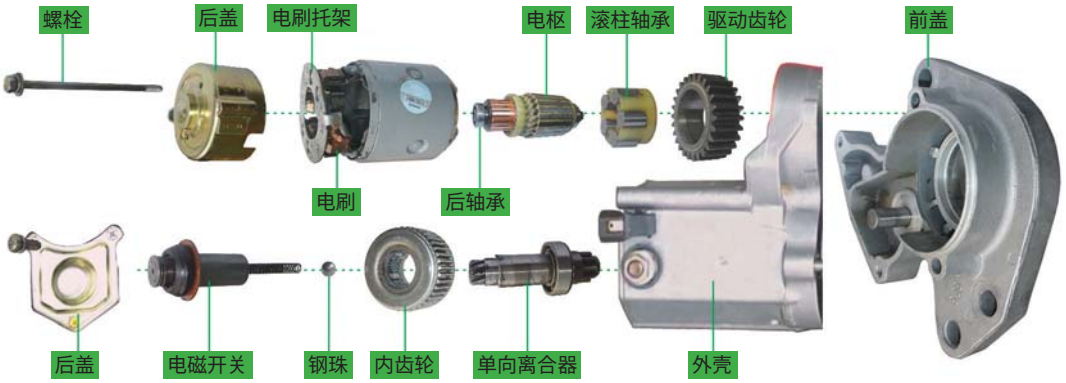


图 9-2-4　起动机结构图

9.2.2 充电、起动系统维修要点

汽车交流发电机的检测

1. 发电机的检查

（1）输出电压检查

发电机输出电压检查可帮助维修人员诊断发电机的发电电压是否符合标准。

具体步骤如下：

① 将万用表设置为“ DC ”电压档。

② 万用表正极连接蓄电池正极接线柱，负极连接至蓄电池负极接线柱。

③ 起动发动机，调整发动机转速至 2000r/min，万用表电压读数应在 13.5 ～ 15.2V 间。

电压调节器的检测与更换

发电机输出电压过高或过低都表明其存在故障，应更换发电机调节器或发电机总成。

（2）电磁场检查

处于工作状态时，发电机的励磁线圈通电后会产生磁场。此时，使用螺钉旋具或铁质工具靠近发电机转子端部，应能感觉到磁场吸引螺钉旋具的力。否则说明发电机没有发电，应检查调节器、电刷及转子线圈。

（3）常规检查

对充电系统的故障进行诊断前，应先检查以下内容：

①蓄电池的正、负极电缆与极柱是否紧固牢靠。

②发电机上的接线是否牢靠。

③发电机传动带是否松弛。

④发动机转速达到 1500r/min 后，充电指示灯是否熄灭。

2. 充电系统常见故障诊断与排除

（1）电源充电指示灯不亮

故障现象：

闭合点火开关和发动机正常运转时，充电指示灯一直不亮。

故障原因：

① 充电指示灯断路。

② 熔丝熔断使指示灯电路不通。

③ 指示灯或调节器电路断路或插头松动。

④ 蓄电池极柱上的电缆接头松动。

⑤ 点火开关故障。

⑥ 发电机电刷与集电环接触不良。

⑦ 调节器内部电路故障，例如调节器内部电子元件损坏使大功率晶体管不能导通。

故障排除：

首先起动发动机并怠速运转，然后检查发电机充电系统能否正常充电。将充电指示灯不亮故障分为充电系统能充电和不能充电两种情况分别进行排除。

接通点火开关时充电指示灯不亮，起动发动机后发电机又能发电，说明发电机充电系统正常。检查仪表板上的充电指示灯是否正常，若灯丝断路则需更换。

接通点火开关时充电指示灯不亮，起动发动机后发电机不能发电。故障排除方法：首先关闭点火开关，检查仪表板熔断器。若该熔断器熔断，则更换相同规格的熔断器。若熔断器良好则继续检查。接通点火开关，用万用表检测熔断器的电压，若电压为零，则说明点火开关及点火开关与熔断器之间的电路有故障，应检修或更换。若熔断器的电压正常，则检查发电机电刷与集电环是否接触不良或调节器内部电路是否有故障。

（2）充电指示灯时亮时灭

故障现象：

接通点火开关和发动机正常运转时，充电指示灯不稳定，时亮时灭。

故障原因：

① 发电机传动带挠度过大，出现打滑现象。

② 发电机整流二极管断路、定子线圈连接不良或断路，导致发电机输出功率降低，发电机电刷磨损过度。

③ 调节器调节电压过低。

④ 相关电路接触不良。

故障排除：

① 检查传动带的挠度是否符合规定。

② 检查相关电路连接情况，若不正常则检修。

③ 检查调节器和电刷，若不正常则检修或更换。

④ 检修发电机总成。

（3）发电机工作有异响

故障现象：

发电机在运转过程中有不正常噪声。

故障原因：

发电机工作中有异响的主要原因如下：

① 电子风扇传动带过紧或过松。

② 发电机损坏，被卡住或松旷缺油，轴承保护架脱落或轴承走外圆。

③ 发电机转子与定子相碰，俗称“扫膛”。

④ 电刷磨损过度，或电刷与集电环接触角度不正常，电刷在电刷架内倾斜摆动。

⑤ 发电机总装时部件不到位，使机体倾斜或发电机电枢轴弯曲。

⑥ 发电机传动带与轴松旷，使传动带轮与散热片碰撞。

故障排除：

发电机工作中有异响可按以下步骤进行判断与排除：

① 检查电子风扇传动带张紧度。

② 检查发动机传动带轮与发电机安装是否松旷。

③ 用手触摸发电机外壳和轴承部位，是否烫手或有振动感。若烫手则说明定子和转子相碰或轴承损坏。借助听诊器或旋具听发电机轴承部位，若声音清脆且不规则说明轴承缺油或滚柱已损坏。

④ 拆下电刷，检查其磨损和接触情况。

⑤ 拆检发电机，检查其内部机件配合和润滑是否良好。如果发电机工作噪声细小而均匀，则应检查硅二极管和励磁绕组是否断路或短路。

（4）充电电流故障

充电电流故障包括充电电流过大和过小，故障原因和排除方法见表 9-2-1。

表 9-2-1　充电电流故障

故障现象		故障原因	故障排除
充电电流过大	汽车灯泡易烧坏，蓄电池温度过高且电解液消耗过快	电压调节器调节电压过高或失效	起动发动机加速到 1500 r/min 时，用万用表测量发电机端子 B 电压，如果超过最大值的 20 %，则可确认调节器故障，应更换调节器
充电电流过小	在蓄电池充电性能良好的情况下，发电机在各转速下充电电流均很小，蓄电池亏电	① 电线的插头松动 ② 发电机发电量不足，原因如下： a. 发电机传动带过松 b. 二极管损坏（个别的） c. 电刷接触不良，集电环上有油污 d. 励磁绕组局部短路，定子线圈短路或插头松开 ③ 调节器故障： a. 电压调整偏低 b. 触点脏污 c. 继电器触点接触不良	① 检查发电机传动带张紧度 ② 用跨接线跨接调节器端子 B 和 F，如果充电电流增大，则说明故障在调节器。如果充电电流还是过小，则说明故障在发电机，应拆检发电机

3. 起动机检测

（1）检查起动机端子 30 的电压

点火开关转到 START 档，如图 9-2-5 所示，测量起动机端子 30 与机体搭铁之间的电压，标准电压≥ 8.0V。

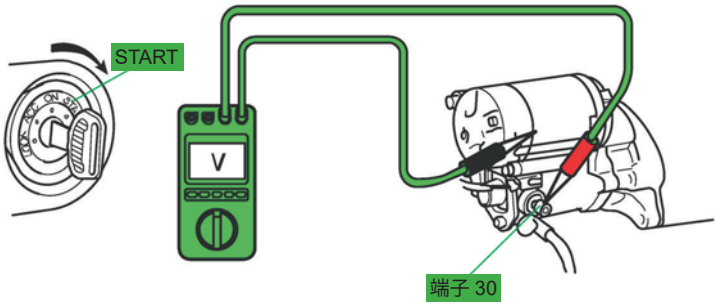


图 9-2-5　测量起动机端子 30 电压

起动机拆装与检测

起动机的更换

（2）测量端子 50 电压

点火开关转到 START 档，如图 9-2-6 所示，测量起动机端子 50 与机体搭铁之间的电压，标准电压≥ 8.0V。

如电压低于 8.0V，则应检查熔断器、点火开关、起动继电器等。

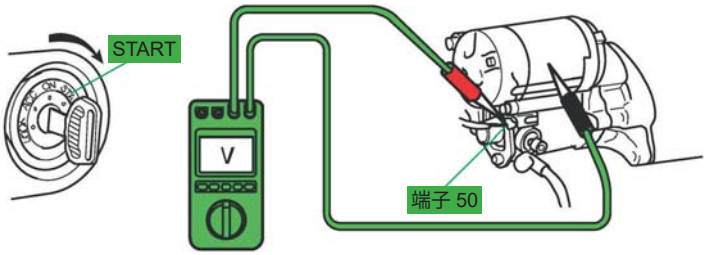


图 9-2-6　测量起动机端子 50 电压

4. 起动系统常见故障诊断与排除

起动机作为起动系统的核心部件，出现故障会直接影响起动系统的正常工作。起动机常见故障现象包括异响、不工作，以及能工作但无法起动发动机等。

（1）起动机异响

表 9-2-2 列举了起动机在起动时的常见异响现象。这些异响完全是由起动机内部故障引起的。

表 9-2-2　起动机异响

现象	可能原因
起动时（发动机运转前）有高频变调的噪声，但发动机可以起动	起动机驱动齿轮与飞轮间距过大
发动机已运转，点火开关已释放后，有高频变调般的噪声，这种间歇性故障通常是“起动机卡住”或“电磁阀弱”造成的	起动机驱动齿轮与飞轮间距过小，飞轮跳动引起间歇性故障
发动机已运转但起动机仍接合时，有高频鸣响。当起动机接合，发动机反转时，声音类似警报声	离合器失效
发动机已运转，起动机渐停时，有“隆、隆”声或（严重时）敲击声	起动机电枢转子变曲或不平衡

（2）起动机不工作

检查起动机不工作的常见方法是先接通前照灯，然后起动车辆，观察车辆状态。接通前照灯的目的是判断电量是否充足或电路是否有故障。表 9-2-3 列出五种起动机不工作的故障现象、可能原因及解决方法。

表 9-2-3　起动机不工作故障诊断与排除

现 象	可能原因	解决方法
起动机不工作，前照灯仍然亮	点火开关电路开路	检查点火开关触点及电路
	起动机故障	检查换向器、电刷及电路
	控制电路开路	检查电磁阀、开关及电路
	蓄电池亏线端子电阻高	清理、紧固端子导线夹
起动机不工作，前照灯明显变暗	蓄电池亏电或有故障	对蓄电池再次充电并测试
	环境温度太低	检查电路及蓄电池
	驱动齿轮卡死	起动机与飞轮 - 驱动齿轮之间错位。检查齿牙
	电枢转子卡滞	轴承卡住、轴弯曲、极靴松动
	起动机短路	按需修理或更换
	发动机短路	检查发动机电气及机械系统
起动机不工作，前照灯稍微变暗	蓄电池接线端子松动或锈蚀	拆下清理并重新安装
	驱动齿轮未接合	清理驱动轴及电枢转子轴，更换已损坏部件
	电磁阀接通但不运作，起动机电路中电阻过大或开路	清理换向器，更换电刷，修理不良电路
起动机不工作，前照灯先亮后熄灭	蓄电池接线端子处接触不良	清理蓄电池导线夹和端子，紧固导线夹
起动机不工作，前照灯不亮	开路	清理并紧固连接处，更换电缆
	蓄电池放电或有故障	对蓄电池再次充电并测试

（3）起动机工作但无法起动发动机

表 9-2-4 列举了起动机能工作，但发动机不能正常起动的四种故障现象、可能原因和解决方法。

表 9-2-4　起动机工作但无法起动发动机故障诊断与排除

现 象	可能原因	解决方法
起动机转速低，发动机不起动	蓄电池亏电	检查蓄电池
	环境温度过低	检查电路及蓄电池
	蓄电池电缆过细	安装适当的电缆
	起动机失效	测试起动机
	发动机机械故障	检查发动机

（续）

现 象	可能原因	解决方法
电磁阀推杆颤动	蓄电池电压低，端子松动或锈蚀	检查蓄电池，清理、紧固端子连接处
	电磁阀保持线圈开路	更换电磁阀
起动后，驱动齿轮脱开缓慢	电磁阀推杆卡死	清理并活动推杆
	超越离合器卡在电枢转子轴上	清理电枢转子轴及离合器套
	超越离合器失效	更换离合器
	拨杆回位弹簧老化	更换新弹簧
	飞轮及驱动齿轮间对位过紧	将起动机与飞轮重新对位
起动机工作，但发动机不工作	驱动齿轮未啮合	将起动机与飞轮重新对位
	驱动齿轮打滑	更换失效的驱动装置

9.3 照明系统

汽车照明系统组成如图 9-3-1 所示。

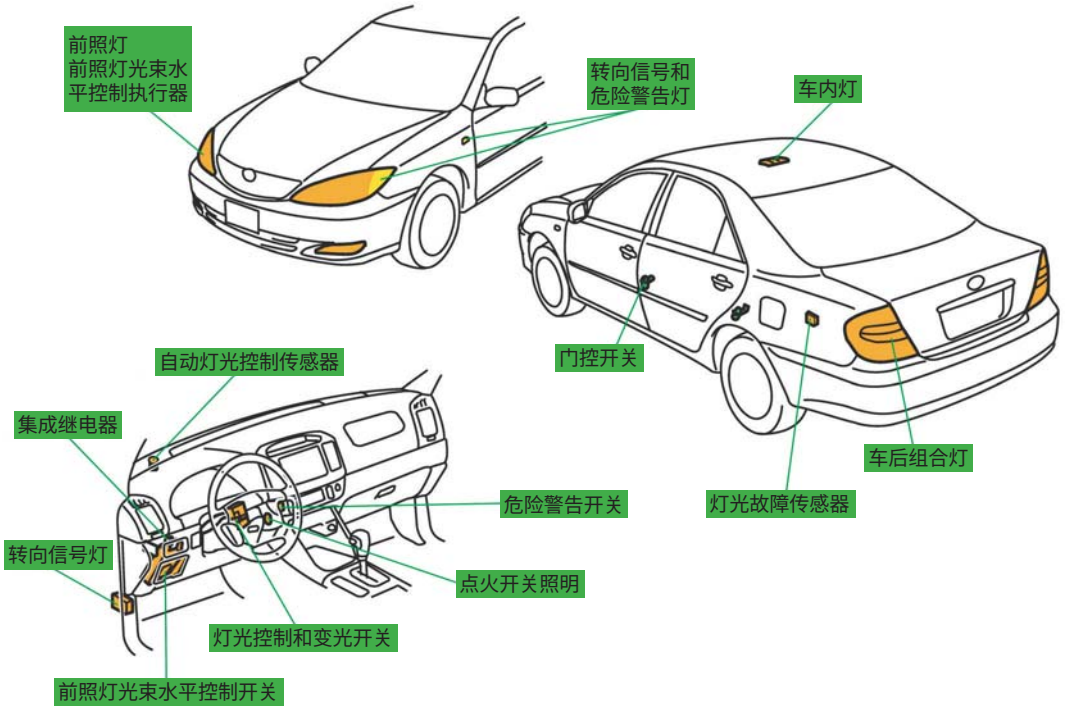


图 9-3-1 汽车照明系统组成

照明系统的组成

外部照明灯包括：前照灯（大灯）、日间行车灯、驻车灯和牌照灯、转向灯、危险警告灯、制动灯和雾灯等。

车内照明灯包括：顶灯 / 阅读灯、仪表灯、门控灯和行李箱照明灯等。

1. 前照灯灯泡的更换

以前照灯近光灯的灯泡更换为例。

1）拧下螺栓并松开发动机冷却液储液罐软管，然后提起空气滤清器进气口，如图 9-3-2 所示。

2）如图 9-3-3 所示，逆时针转动灯泡座。

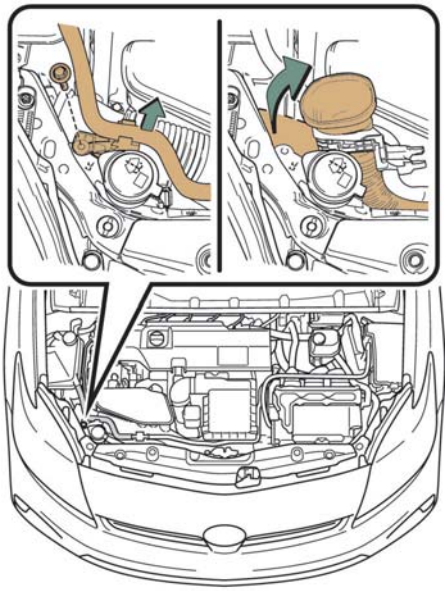


图 9-3-2　拆卸软管

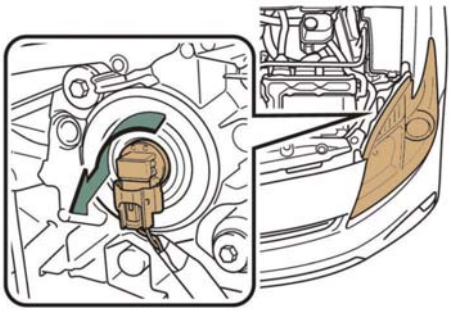


图 9-3-3　逆时针转动灯泡座

3）按下图 9-3-4 所示的锁扣释放钮，同时向上拔出插接器。

4）更换灯泡并安装灯泡座。如图 9-3-5 所示，将灯泡上的 3 个凸舌对准安装座，然后插入。

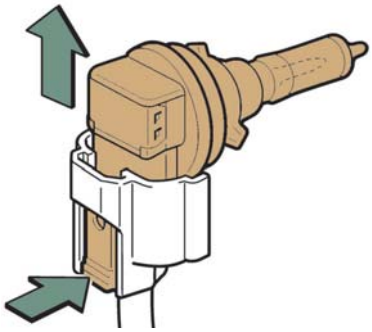


图 9-3-4　按下锁扣释放钮拔出插接器

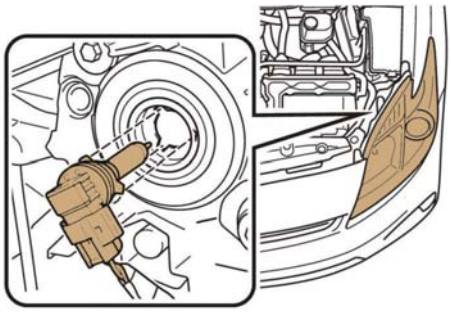


图 9-3-5　将灯泡上的 3 个凸舌对准安装座插入

5）如图 9-3-6 所示，顺时针转动并固定灯泡座。轻轻摇动灯泡座以检查并确认没有松动，将前照灯打开一次，并目视确认没有灯光从安装座内漏出。

6）更换灯泡后，将空气滤清器进气口恢复至原位，并牢固安装发动机冷却液软管支架。

前照灯控制线路的检测

拆卸右前照灯

前照灯的拆装分解

前照灯光束的检测与调整

雾灯的拆装

雾灯电路的检测

小灯的安装位置

小灯的拆装

小灯电路的检测

后组合灯总成的拆装

制动灯的拆装

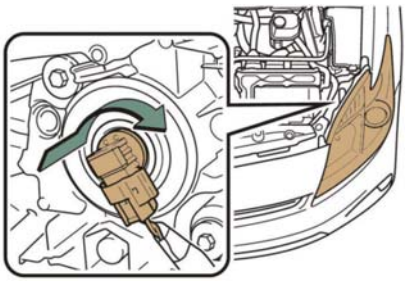
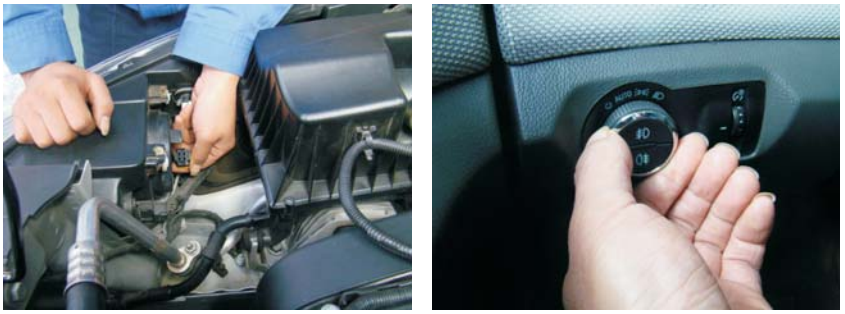


图 9-3-6　转动并固定灯泡座

2. 前照灯电路的检查

1）如图 9-3-7a 所示，断开前照灯插接器，灯光开关转至前照灯档（图 9-3-7b）。



a）　　b）

图 9-3-7　断开插接器并将灯光开关转至前照灯档

2）使用万用表蜂鸣档检查插接器搭铁端和车身搭铁之间的电阻，万用表应发出蜂鸣声，如图 9-3-8 所示。

3）如图 9-3-9 所示，使用万用表 20 V 直流电压档检查插接器供电和搭铁端的电压，标准电压应为蓄电池电压。

4）使用试灯检查供电情况。如图 9-3-10 所示，试灯测头接触插接器供电端子，负极夹子夹在搭铁上，试灯应点亮。

图 9-3-8　搭铁电路检查

图 9-3-9　供电检查

图 9-3-10　试灯检查供电

9.4 其他电动辅助装置

9.4.1 刮水洗涤系统

刮水系统包括前风窗刮水器和后风窗刮水器。此外通常也把前照灯清洗装置归类到刮水系统里。刮水系统组成如图 9-4-1 所示。

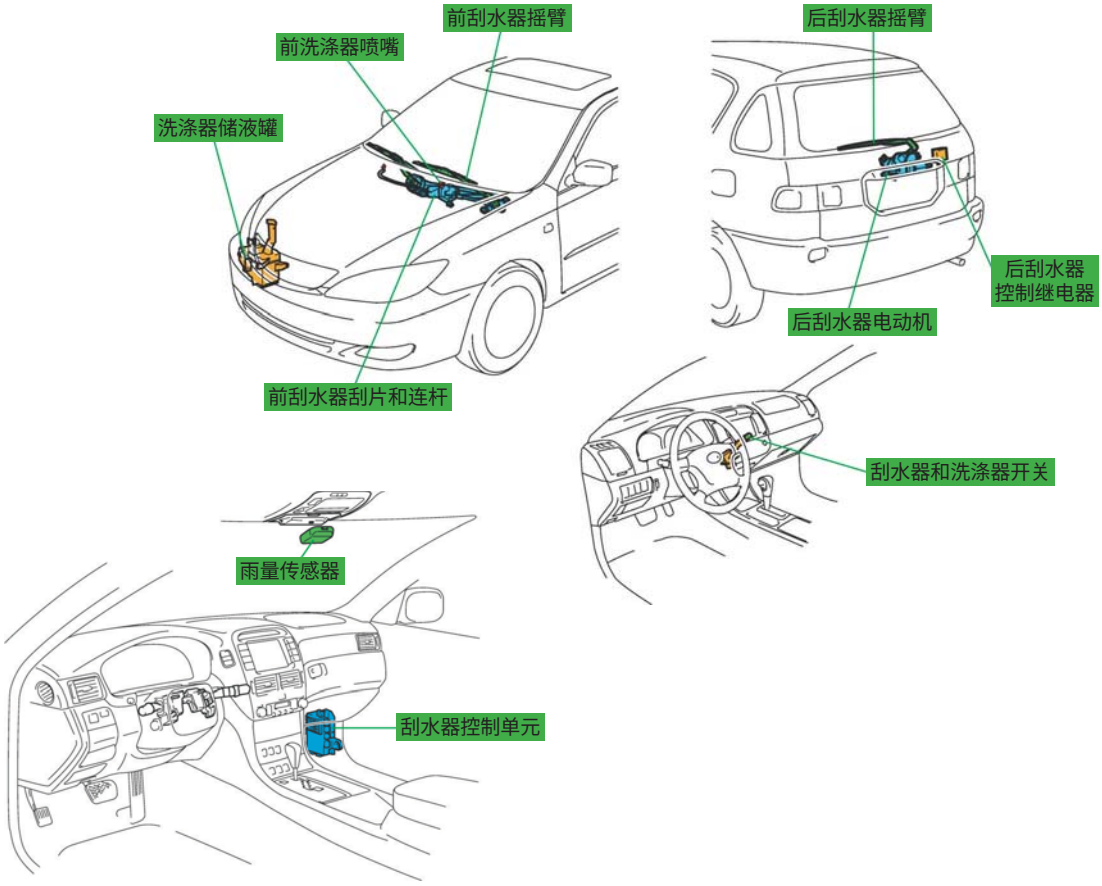


图 9-4-1　刮水系统组成

刮水系统的主要部件如下：

①连动机构，包括刮片、刮水器摇臂、连杆和电动机等。

②洗涤液泵、储液罐和洗涤液液位开关。

③组合开关。

④车身控制模块。

1. 刮水器电动机的供电检查

1）打开发动机舱盖，拆卸风窗玻璃刮水器摇臂装饰盖，如图 9-4-2 所示。

刮水器电动机总成的检测

刮水器开关总成的拆卸

a)

b)

图 9-4-2　拆卸风窗玻璃刮水器摇臂装饰盖

2）断开图 9-4-3 所示的刮水器电动机插接器。

刮水器开关总成的检测

刮水器装置的更换

a)

b)

图 9-4-3　断开刮水器电动机插接器

3）试灯测头接触刮水器电动机供电端子，负极夹子夹在搭铁上，如图 9-4-4 所示。打开刮水器开关，试灯应点亮。

图 9-4-4　检查供电

2. 刮水系统故障诊断

刮水系统典型故障现象主要包括刮水器不工作、刮水器调速功能失效、刮不干净等。

如果刮水器完全不工作，则应检查如下项目：

① 刮水器电动机是否失效。

② 刮水器开关是否失效。

③ 继电器是否失效。

④ 雨量传感器是否失效。

⑤ BCM 是否故障。

⑥ 相关电路是否故障。

⑦ 插接器是否松动。

针对刮水器抖动故障，应着重检查如下项目：

① 刮片安装是否到位。

② 连杆机构是否损坏。

9.4.2 电动后视镜

汽车后视镜能反映车身后部和两侧的情况，驾驶人通过观察后视镜可获得较宽泛的视野，避免危险和事故发生。汽车后视镜分为外后视镜和内后视镜两种。外后视镜安装在前车门外侧（也可能装在 A 柱上），左右车门上各一个，可观察汽车两侧的后方和下方。内后视镜安装在驾驶室前部顶棚的中央，可观察汽车后方及车内情况。

左侧外后视镜总成的拆装

电动后视镜供电检查：

1）拆卸电动后视镜插接器盖板，如图 9-4-5 所示。

2）断开电动后视镜插接器，如图 9-4-6 所示。

左侧外后视镜开关总成的检查

图 9-4-5　拆卸电动后视镜插接器盖板

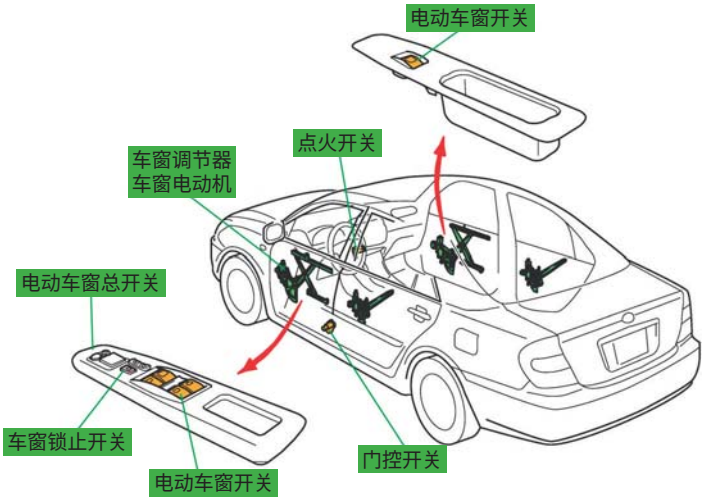
图 9-4-6　断开电动后视镜插接器

3）如图 9-4-7 所示，试灯测头接触插接器上的供电端子，负极夹子夹在车身搭铁上，调整后视镜调节按钮，试灯应点亮。

图 9-4-7　电动后视镜供电检查

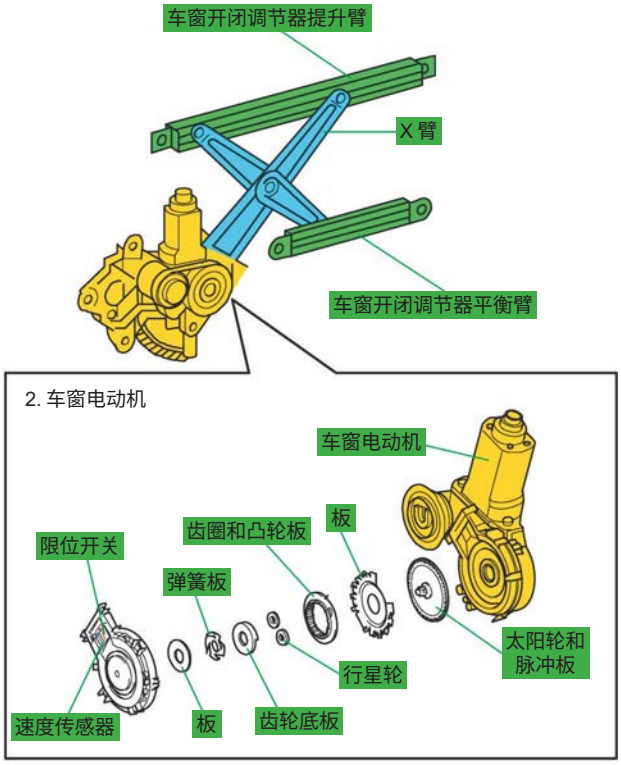
9.4.3 电动车窗

电动车窗系统由驾驶人车窗开关、右后车窗开关、乘客侧车窗开关、左后车窗开关、车窗电动机和车身控制模块等部件组成。电动车窗系统组成如图 9-4-8 所示。



a）

图 9-4-8　电动车窗组成



b)

图 9-4-8　电动车窗组成 (续)

1. 电动车窗初始化（通用车系）

如果车窗无法执行快速上升 / 下降功能（如在断开蓄电池负极后），则驾驶人信息中心会显示警告信息。此时需要参照以下步骤完成车窗初始化：

① 关闭车门。

② 点火开关置于 ON 档。

③ 将车窗玻璃完全降下。

④ 拉起车窗开关直至完全关闭车窗，并保持开关拉起至少 2 s。

⑤ 完成车窗初始化，其他车窗重复以上步骤。

2. 电动车窗升降电动机供电检测

1）如图 9-4-9 所示，拆卸内侧门拉手紧固螺栓。

2）拆卸玻璃升降器开关后方储物格内的紧固螺栓，如图 9-4-10 所示。

前门的拆装

车窗升降器总成的拆装

图 9-4-9 拆卸内侧门拉手紧固螺栓

图 9-4-10 拆卸玻璃升降器开关紧固螺栓

3）小心拆卸车内内饰板卡扣，并将车内内饰板从车门上分离，如图 9-4-11 所示。分离时注意内饰板后线束，断开内饰板线束。

4）检查车窗升降电动机供电情况。如图 9-4-12 所示，用试灯的测头接触车窗升降电动机插接器供电端子，试灯负极夹子夹在车身搭铁上，打开点火开关，试灯应点亮。

图 9-4-11 拆卸车内内饰板并断开线束

图 9-4-12 检查车窗升降电动机供电情况

汽车故障诊断

图表手册

目　　录

表 1　汽车故障分类 …… 1
表 2　汽车故障调查表 …… 2
表 3　故障分析表 …… 3
表 4　汽车故障基本诊断方法 …… 4
图 1　制动跑偏故障树 …… 5
表 5　汽车故障直观检查法 …… 6
表 6　测量电阻法 …… 7
表 7　汽车常用诊断参数 …… 8
表 8　起动机常见故障 …… 11
表 9　起动系统常见故障原因及排除方法 …… 12
图 2　起动机不转的故障诊断流程 …… 14
图 3　起动机不转或运转无力故障诊断流程 …… 15
图 4　常规方法检查 ECU 点火故障流程 …… 16
图 5　发动机起动困难或不能起动的故障诊断流程 …… 17
图 6　机油压力过低诊断流程 …… 18
图 7　机油压力过高诊断流程 …… 18
图 8　机油消耗量过多诊断流程 …… 19
图 9　机油变质诊断流程 …… 20
图 10　冷却液温度过高诊断流程 …… 21
图 11　冷却液消耗过多诊断流程 …… 21

表 1 汽车故障分类

分类标准	故障类型	故障描述
故障发生的原因	人为故障	汽车在制造或维修时由于使用了不合格的零件，或违反了装配技术条件；在使用中没有遵守使用条件和操作技术规程；没有执行规定的维修制度以及由于运输、保管不当等原因，而使汽车过早地丧失了它应有的功能
	自然故障	在使用期间，由于外部或内部不可抗拒的自然原因而引起的故障，属于自然故障。如自然情况下的磨损、腐蚀、老化等损坏形式均为自然故障
失去工作能力的程度	局部故障	汽车失去了工作能力，降低了使用性能的故障
	完全故障	汽车完全失去工作能力，不能行驶的故障
影响汽车性能的情况	功能故障	汽车不能继续完成本身的功能，如行驶跑偏、转向失灵、发动机不能起动等
	参数故障	汽车的性能参数达不到规定的指标，如发动机功率下降、百公里油耗异常、排放超标等
发生的后果	轻微故障	不会导致停驶，尚不影响正常使用，亦不需更换零件，可用随车工具在短时间（5min）内轻易排除
	一般故障	汽车运行中能及时排除的故障或不能排除的局部故障。一般故障造成停驶，但不会导致主要零部件损坏，并可用随车工具和易损件或价值很低的零件在短时间（约 30min）内修复；虽未造成停驶，但已影响正常使用需调整和修复
	严重故障	严重故障是指汽车运行中无法排除的完全故障。严重故障导致整车性能显著下降；造成主要零部件损坏，且不能用随车工具和易损备件在短时间（约 30min）内修复
	致命故障	导致汽车造成重大损坏的故障。致命故障涉及人身安全，可能导致人身伤亡；引起主要总成报废，造成重大经济损失；不符合制动、排放、噪声等法规要求

表 2　汽车故障调查表

询问项目	询问具体内容
汽车已经使用的年限	了解汽车使用的年限可以帮助大致估计出故障的性质。例如，对于较新的汽车，比较多的情况是个别零件安装或焊接不好，接插件松动造成接触不良；个别元器件可靠性太差；用户不会使用汽车的某些功能或开关而造成的“假故障”等。对于使用多年的旧汽车来说，则应该较多地考虑损耗性故障，如集成电路老化、特性变坏；晶体管特性下降；电容器漏电、介质损耗、电容量变值以及电容器击穿；点火线圈内部霉断；开关触点氧化或烧蚀造成接触不良等
产生故障的过程	应了解故障是突然发生的还是逐步恶化的；是静止性的故障还是时有时无的故障。详细了解以上这些情况可以使维修人员进一步判断故障的性质，采用较为合理、安全的修理方法
是否请人修理过	应该了解该汽车发生故障以后，用户是否请人修理过，修过哪几个部位？如请人修理过，此人的修理过程如何，是否调节过车内的某些可调部位，是否更换过元器件或零部件等。这可以帮助修理人员较快地排除一些由于修理技术不成熟而造成的人为故障

表 3 故障分析表

故障部位	故障现象
电源部分	电源（蓄电池）部分发生故障将使汽车不能工作或工作失常。无蓄电池电压的主要故障现象是：起动不着车，喇叭不响，前照灯不亮，各种指示灯也不亮。蓄电池电压低于正常值时起动机运转无力，灯光变暗，喇叭失真等。发电机组成的电源不良，会使供电升高而损坏用电设备及灯泡；如不能充电则会使蓄电池经常亏电
起动部分	喇叭和灯光系统正常但起动不着车，发动机不能运转。起动机不转、起动机运转无力也会导致此类故障
点火部分	发动机不能起动或突然熄火；发动机虽然能起动，但工作不均匀，个别缸不工作；发动机起动时反转，加速时发生爆燃，或动力不足、加速不良且温度过高；发动机虽然能起动，但有其他不正常现象等
发动机电控系统部分	因发动机电控系统故障而使发动机不能正常工作的主要现象为：发动机不能起动；发动机冷态起动困难；发动机热态起动困难；发动机怠速状态不良；发动机高速性能不良；发动机加速性能不良；怠速状态时间一长就导致熄火，并且不能再起动。上长坡时，发动机状态不良，像没有劲似的导致熄火，但停一会儿又能起动；行驶中踏下加速踏板不能加速，反而导致突然熄火
辅助电器部分	辅助电器大多自成系统，损坏时故障现象仅与该系统中的线路、零件有关系，比较好判断。必须注意的是，在一些采用自动变速器以及防盗控制、遥控起动等辅助控制装置的车辆上，起动电路还受空档起动开关、防盗控制器等状态的控制

表 4　汽车故障基本诊断方法

方法	内容描述
经验诊断法	传统的经验诊断法是依靠人工的观察和感觉，根据汽车在工作中表现出来的外部异常状况，采用逻辑推断的方法，来诊断故障的类型和部位，所以也被称为故障树法（图 1 所示）或诊断表法。但是这种方法必须依赖于维修人员长期积累的经验和反复观察，既繁琐又不准确，常常会出现误诊和延误
检测诊断法	利用各种检测仪器和设备获取汽车的各种数据，并根据这些数据来判断汽车的技术状况，称为检测诊断法。目前可供利用的仪器设备有万用表、点火正时灯、缸压表、真空表、油压表、声级计、流量计、油耗仪、示波仪、气缸漏气量检测仪、曲轴箱窜气量检测仪、气体分析仪、烟度计以及功能比较齐全的测功机、四轮定位仪、制动试验台、侧滑试验台、前照灯检验仪、废气分析仪、汽车轴重仪、发动机综合检测仪、底盘测功试验台、轮胎平衡检验仪等等。这些仪器设备给人们提供了可靠的依据，使汽车故障诊断从定性诊断发展为定量诊断
自我诊断法	利用电脑本身可以迅速监测控制系统的工作状况和储存的数据这一特点，通过一定的操作程式，把汽车电脑监测和储存的故障码提取出来，然后对症下药，进行故障排除，这种方法称为自我诊断法。这一方法对于电子控制的汽车各大系统十分有效，而且快捷准确
电脑诊断法	汽车电脑故障诊断仪（俗称解码器）是一个专门的小型电脑，能把汽车电脑（ECU）收集和储存的各种信息提取出来，然后进行整理、比较和翻译，以清晰的文字、曲线或图表方式显示出来，人们可以根据这些传送出来的信息，判断故障的类型和发生部位。它还可以向汽车电脑发出指令，进行静态和动态的诊断。这是一种最有发展前景的诊断方法

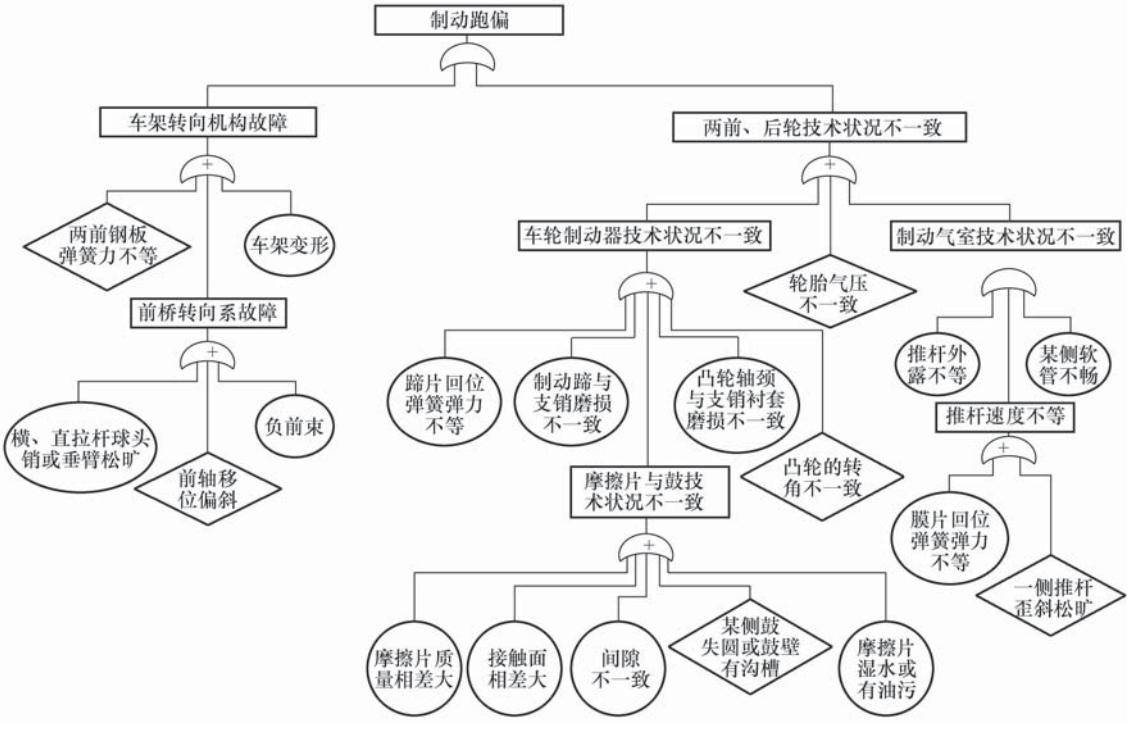

制动跑偏
车架转向机构故障
两前、后轮技术状况不一致
两前钢板弹簧力不等
车架变形
前桥转向系故障
横、直拉杆球头销或垂臂松旷
负前束
前轴移位偏斜
车轮制动器技术状况不一致
轮胎气压不一致
制动气室技术状况不一致
蹄片回位弹簧弹力不等
制动蹄与支销磨损不一致
凸轮轴颈与支销衬套磨损不一致
凸轮的转角不一致
摩擦片与鼓技术状况不一致
推杆外露不等
某侧软管不畅
推杆速度不等
膜片回位弹簧弹力不等
一侧推杆歪斜松旷
摩擦片质量相差大
接触面相差大
间隙不一致
某侧鼓失圆或鼓壁有沟槽
摩擦片湿水或有油污

图 1　制动跑偏故障树

表 5 汽车故障直观检查法

直观检查方法	检查内容
眼看	首先观察汽车电器各种开关、按键等是否处于正确位置或有无损坏；观察电器元件导线有无烧焦变色、变形，螺丝钉是否松动，导线连接是否不良或接头断路，电器外壳是否破损或变形；查看熔丝有无烧断，电子元件或印制电路板焊点是否松脱，元件连接线和印制电路是否锈蚀严重；在夜间查看导线接头有无跳火现象。这样可以较快地发现故障部位或有故障的元器件
手摸	用手摸被怀疑有故障的器件是否严重发热，如点火线圈正常时不应发热烫手，若发热烫手，说明点火线圈内部有短路故障
鼻闻	通过人的嗅觉器官来发现故障点发出的气味，通过气味的大小和方向来判断故障的性质、损坏程度和哪个器件损坏。如闻到焦糊味，就可判断是导线有过电流烧坏绝缘层而产生的气味。若闻到硫酸味则说明是蓄电池过充电或外壳有渗漏现象
耳听	用耳朵去听要检修的某个电器或故障部位。如听发电机有无刮碰异常响声；起动机运转是否有异常声；检修某个继电器判断其是否损坏时，通电后能否听到“咔嗒”响声说明工作正常，否则说明有故障；仔细听声响装置（如报警器、电喇叭、扬声器等）有无异常响声等

表 6 测量电阻法

测量内容	结果鉴定
测量发电机磁场线圈	若电阻值为 3~5Ω，说明磁场线圈正常；反之说明磁场线圈有故障
测量晶体管	这是判定晶体管和二极管的最普通的方法，应用也最普遍，既可判定晶体管的好坏和管脚的极性，也可粗测某种参数如 β 值等
鉴定集成电路	要想判定一块集成电路的好坏，一般需要有一组参考数据，判定时测试条件应与参考数据测试条件相同（包括万用表型号、档位、集成电路型号、在路试测量时的车型或被测件的型号）。任何集成电路，如果电源脚与地脚短路，则可判断它已损坏
测量电容器	点火电容器及其他电子电路中使用的电容器的损坏包括击穿、断路、容量不足和漏电等，可直接用万用表欧姆档进行测量；对容量大小的判定是依据表针摆动幅度而定，此时需要有参考数据进行比较，也可与同规格新件进行对比测量。容量在 0.01μF 以下的电容器不宜用欧姆档判定是否断路
测量电感线圈、起动机线圈、发电机线圈和各种继电器线圈等	是否有断路或对地短路等故障
测量点火线圈和电子电压调节器	是汽车中较易损坏的元件，可采用测阻法判断它们是否损坏，并与正常值进行对照，以此来判别其好坏
测量电路中是否有短路或断路故障	如测量连接导线是否断路，可将万用表置于 R×1Ω 档（数字万用表置于电阻档），若电阻值为零，说明导线不存在断路故障
测量电路中某点对地阻值是否正常	以此来确认某一元件是否短路等

表 7 汽车常用诊断参数

诊断对象	诊断参数	诊断对象	诊断参数
汽车总体	最高车速（km/h） 最大爬坡度（°），% 0~100km/h 加速时间（s） 驱动车轮输出功率（kW） 驱动车轮驱动力（kN） 汽车燃料消耗量（L/km，L/100km，km/L） 侧倾稳定角（°）	汽油机供给系	汽油泵出油关闭压力（kPa） 空燃比和燃空比过量空气系数 ϕ 电喷发动机喷油器的喷油量（mL） 电喷发动机各缸喷油不均匀度（%）
发动机总体	额定转速（r/min） 怠速转速（r/min） 发动机功率（kW） 发动机燃料消耗量（L/h） 单缸断火（油）转速下降值（r/min） 汽油车怠速排放 CO 的体积分数（%） 汽油车怠速排放 HC 的体积分数（%） 柴油车自由加速烟度（FSN） 排气温度（℃） 异响	柴油机供给系	输油泵输油压力（kPa） 喷油泵高压油管最高压力（kPa） 喷油泵高压油管残余压力（kPa） 喷油器针阀开启压力（kPa） 喷油器针阀关闭压力（kPa） 喷油器针阀升程（mm） 各缸供油不均匀度（%） 供油提前角（°） 各缸供油间隔角（°） 各缸喷油器的喷油量（mL）

（续）

诊断对象	诊断参数	诊断对象	诊断参数
曲柄连杆机构	气缸压力（MPa） 曲轴箱窜气量（L/min） 气缸漏气量（kPa） 气缸漏气率（%） 进气管真空度（kPa）	点火系	蓄电池电压（V） 一次电路电压（V） 断电器触点间隙（mm） 断电器触点闭合角（°） 各缸点火波形重叠角（°） 点火提前角（°） 各缸点火电压值（kV） 各缸点火电压短路值（kV） 点火系最高电压值（kV） 火花塞加速特性值（kV） 电容器容量（μF）
配气机构	气门间隙（mm） 配气相位（°）	制动系	制动距离（m） 制动力（N） 制动拖滞力（N） 驻车制动力（N） 制动减速度（m/s^2） 制动系协调时间（s） 制动完全释放时间（s）
润滑系	机油压力（kPa） 油底壳液面高度机油温度（℃） 理化性能指标变化量 清净性系数的变化量 介电常数的变化量 金属微粒的体积分数（%） 机油消耗量（kg）	转向系	车轮侧滑量（m/km） 车轮前束（mm） 车轮外倾角（°） 主销后倾角（°） 主销内倾角（°） 转向轮最大转向角（°） 最小转弯直径（m） 转向盘最大自由转动量（°） 转向盘外缘最大切向力（N）

（续）

诊断对象	诊断参数	诊断对象	诊断参数
冷却系	冷却液温度（℃） 冷却液液面高度 散热器冷却液入口与出口温差（℃） 风扇传动带张力［N/(10~15mm)］	行驶系	车轮静不平衡量（g） 车轮动不平衡量（g） 车轮端面圆跳动量（mm） 车轮径向圆跳动量（mm） 轮胎胎冠花纹深度（mm）
传动系	传动系游动角度（°） 传动系机械传动效率 传动系功率损失（kW） 振动 异响 总成工作温度（℃）	其他	前照灯发光强度（cd） 前照灯光束照射位置（mm） 车速表允许误差范围（%） 喇叭声级（A 声级）（dB） 客车车内噪声级（A 声级）（dB） 驾驶员耳旁噪声级（A 声级）（dB）

表 8 起动机常见故障

故障部位	故障表现	故障部位	故障表现
接触盘	脏污或翘曲不平	传动拨叉	磨损松旷或缺油卡滞
电源进线控制线	松脱或接触不良，内触点烧烛	驱动齿轮	轮齿折断，齿端磨损过甚，齿形不合
连接铜片	接触不良，电流耗损大	轴	过载后变形弯曲
电刷	磨损过甚，电刷弹簧过软，接触不良，电刷卡滞搭铁	单向啮合器	失效、不能传递和解除动力
轴承	耗损松旷或缺油咬死	电枢线圈	断路、短路、老化搭铁
换向器	脏污、短路、磨损过甚或搭铁	复位弹簧	过软或折断
吸引线图、保持线圈	断路、短路、老化搭铁	滑套	卡滞
定子线圈	断路、老化搭铁、松动	复位弹簧	弹力不足、过软或弹簧折断

表 9　起动系统常见故障原因及排除方法

故障现象	故障部位	故障原因	故障排除方法
起动机不转	蓄电池	蓄电池严重亏电，蓄电池内部短路或硫化	检查充电系统，排除不充电或充电电流过小的故障，并充电；修理或更换
	线路	蓄电池至起动机间导线连接松动、接线柱氧化或积亏，蓄电池搭铁不良	检查导线，必要时更换；清洁接线柱及接点，并紧固
	起动开关	点火开关起动档损坏	更换
	起动继电器	继电器触点氧化、线圈短路或开路	清洁触点、修理或更换
	起动机	电磁开关损坏，接触盘触点氧化，电刷磨损或弹簧损坏，换向器氧化与电刷接触不良，电枢或磁场开路	检查并找出故障部位，修复，必要时更换
起动机运转无力，发动机不能起动	蓄电池	（1）充电不足 （2）蓄电池故障	（1）检查充电系统并充电 （2）修理或更换
	线路	蓄电池至起动机间接线处松动或接触不良	紧固并清理连接点
	起动机	（1）电磁开关接触盘触点氧化，电刷磨损，弹簧不良 （2）换向器氧化与电刷接触不良 （3）电枢或磁场绕组短路或接触不良	（1）清洁触点，检查弹簧张力和电刷长度，必要时更换 （2）用细砂纸打磨换向器 （3）检查电枢或磁场绕组，必要时更换

（续）

故障现象	故障部位	故障原因	故障排除方法
驱动齿轮移出与飞轮啮合但起动机不转	起动机	（1）电磁开关接触盘、触点氧化 （2）电刷磨损、弹簧损坏 （3）换向器氧化与电刷接触不良 （4）电枢、磁场绕组短路、开路	（1）清洁接触盘和触点 （2）更换电刷或弹簧 （3）清洁换向器 （4）检查磁场和电枢，修理或更换
起动机运转驱动齿轮不与飞轮啮合	起动机	扭簧损坏	更换
起动机空转，发动机不能起动	起动机	单向离合器打滑	更换
发动机起动后，断开起动开关，起动机仍运转	起动机	（1）电磁开关接触盘与触点烧结 （2）传动叉弹簧损坏	（1）修理接触盘及触点 （2）更换弹簧
	起动继电器	触点烧结	修理或更换继电器
	起动开关	失效	更换起动开关

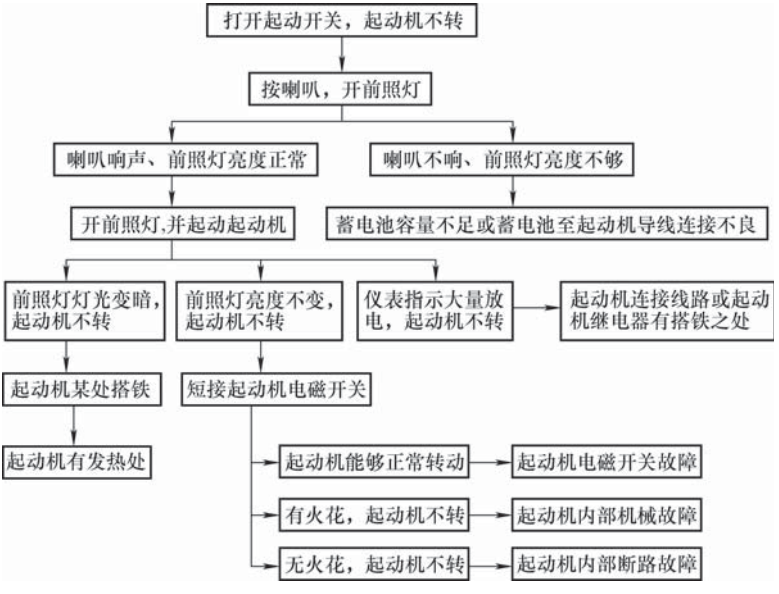


图 2　起动机不转的故障诊断流程

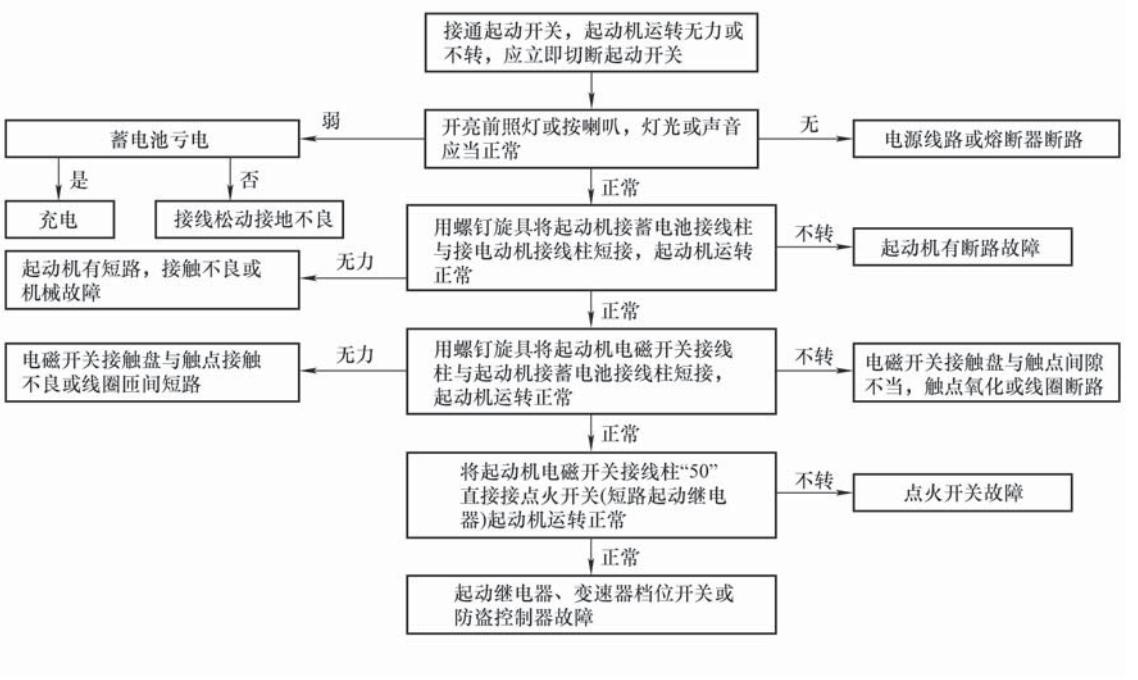


图 3　起动机不转或运转无力故障诊断流程

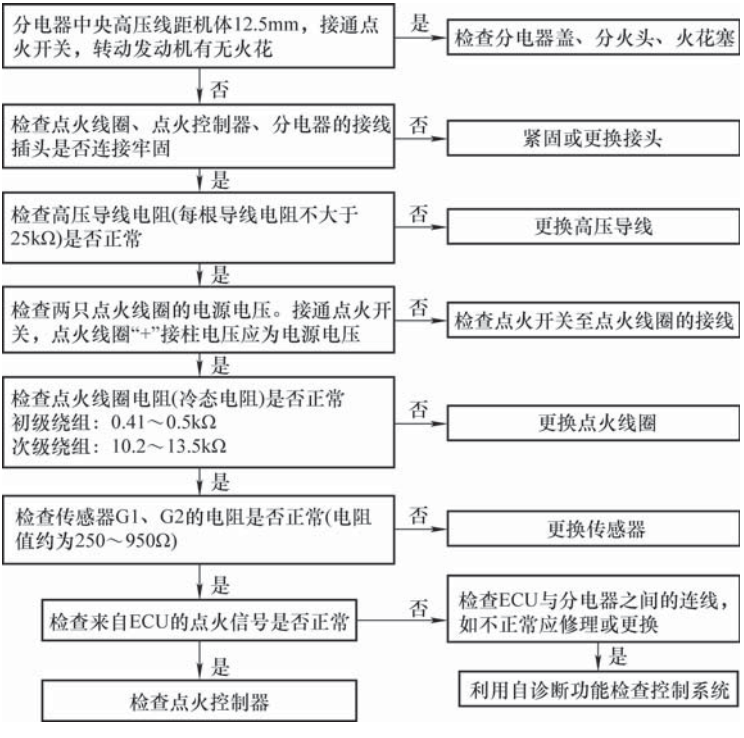


图 4　常规方法检查 ECU 点火故障流程

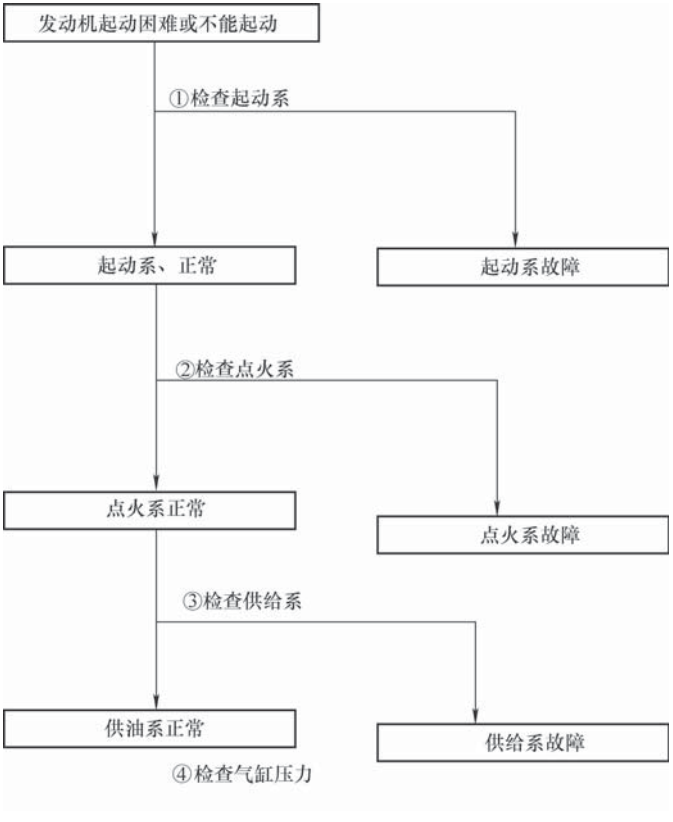


图 5　发动机起动困难或不能起动的故障诊断流程

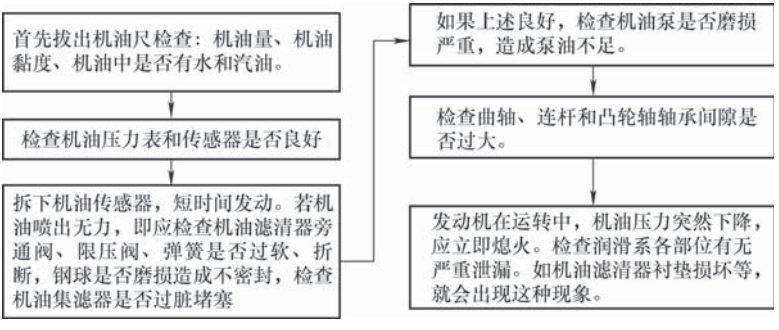


图 6　机油压力过低诊断流程

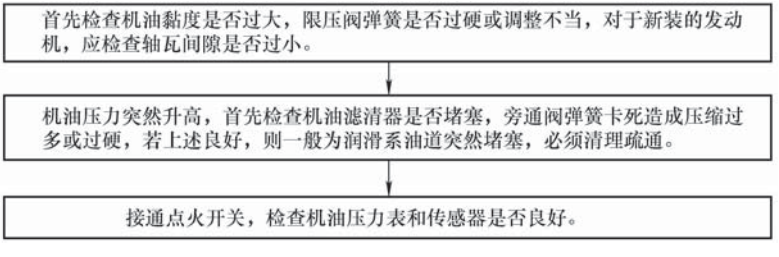


图 7　机油压力过高诊断流程

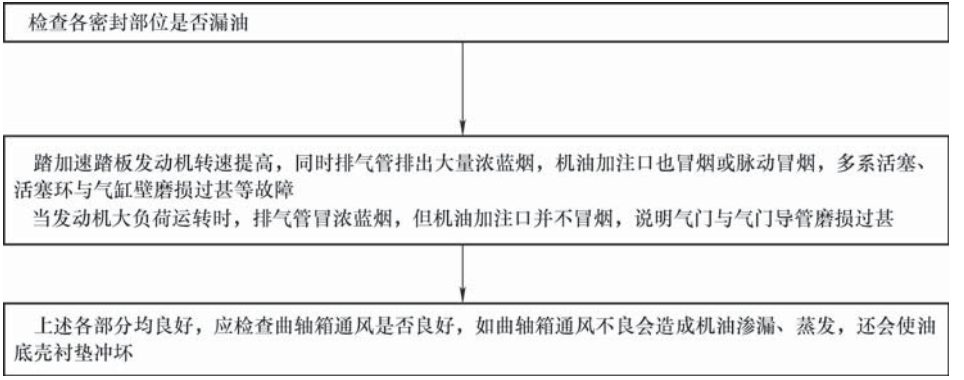


图 8　机油消耗量过多诊断流程

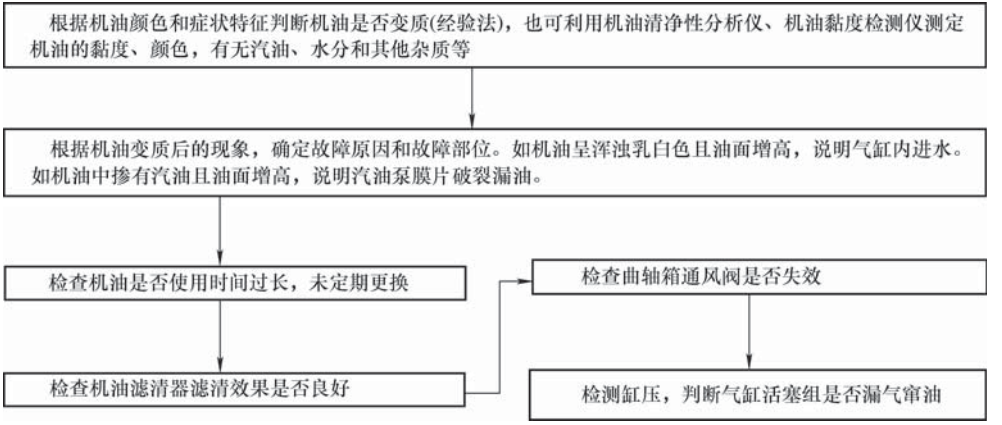

根据机油颜色和症状特征判断机油是否变质(经验法)，也可利用机油清净性分析仪、机油黏度检测仪测定机油的黏度、颜色，有无汽油、水分和其他杂质等
根据机油变质后的现象，确定故障原因和故障部位。如机油呈浑浊乳白色且油面增高，说明气缸内进水。如机油中掺有汽油且油面增高，说明汽油泵膜片破裂漏油。
检查机油是否使用时间过长，未定期更换
检查机油滤清器滤清效果是否良好
检查曲轴箱通风阀是否失效
检测缸压，判断气缸活塞组是否漏气窜油

图 9　机油变质诊断流程

检查冷却液液面高度，其规格、牌号是否符合要求，检查液质。检查冷却液中锈皮或水垢是否过多等。

↓

检查百叶窗能否完全打开。

↓

检查冷却液指示装置。就车诊断时，将感应器中心电极与发动机机体搭铁，若搭铁后冷却液温度表指针摆动，说明冷却液温度表良好，感应塞有故障，否则说明冷却液温度表有故障。

↓

检查风扇传动带是否过松、叶片有无变形、风扇离合器是否失效等。对电动风扇，应先检查温控开关，若将其短接后风扇立即转动，说明温控开关损坏；若风扇仍然不转，应检查线路熔断器、继电器、电动机等是否损坏。

↓

检查散热器是否变形、漏水，并触试散热器，检查其各部温度是否均匀。

↓

触试散热器及上下通水管，若温度较低，说明节温器大循环阀门打不开，应拆检节温器。

↓

检查水泵。先检查水泵传动带是否过松、轴承是否松旷、水泵是否漏水等，再就车检测水泵的泵水能力。检查时用手握住发动机顶部至散热器的通水管，然后由怠速加速到某一高速，如感到通水管内的流速随发动机转速的增加而加快，说明水泵工作正常；反之，说明水泵工作不良，应拆检水泵。

↓

检查发动机点火系、供给系、机械方面、润滑系及使用方面的故障。

图 10　冷却液温度过高诊断流程

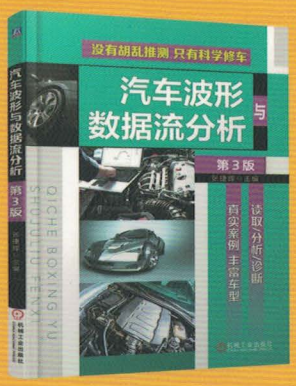
检查冷却系有无外部渗漏现象。由于发动机冷却液往往加有染料着色，外部渗漏部位较为明显、应重点检查软管、接头、散热器芯和水泵等部位。

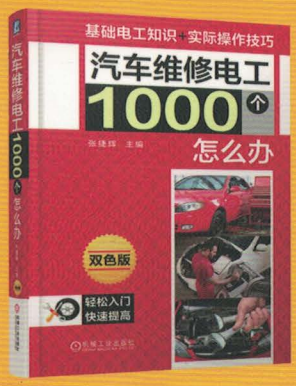
↓

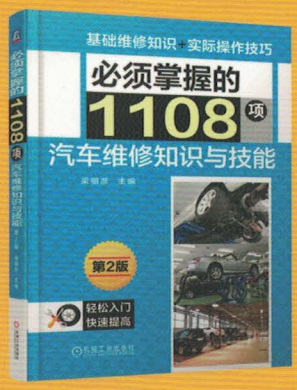
检查冷却系有无内部渗漏。一般内部渗漏时会伴随有发动无力、排气管排白烟、散热器有气泡、机油液面升高、机油呈乳白色等现象，应拆检缸体、缸盖和缸垫。

图 11　冷却液消耗过多诊断流程

推荐阅读







为中华崛起传播智慧

地址：北京市百万庄大街22号
邮政编码：100037

电话服务
服务咨询热线：010-88361066
读者购书热线：010-68326294
010-88379203

网络服务
机工官网：www.cmpbook.com
机工官博：weibo.com/cmp1952
金书网：www.golden-book.com
教育服务网：www.cmpedu.com
封面无防伪标均为盗版

策划编辑◎杜凡如 / 封面设计◎王九岭
编辑邮箱◎605285955@qq.com

汽车维修

从入门到精通

QICHE
WEIXIU
CONGRUMEN
DAOJINGTONG

本书围绕汽车维修从业者所关心的问题，对汽车（包括新能源汽车）的结构组成、主要部件的基本工作原理、维修工具的使用、一般养护方法、机械与电控系统的故障诊断及维修方法等知识进行了详细介绍，着重讲解了发动机、传动机构及底盘的基础知识和检修方法，简要讲解了空调系统、照明系统及起动系统的基础知识和检修方法。全书共分九章，包括汽车基础、汽车维修常用工具、发动机、传动系统、制动系统、转向系统、悬架系统、车轮与轮胎及汽车电气系统。

扫一扫，加入汽车维修技师之家，
免费领取汽车维修视频。

机械工业出版社
微信公众号

上架指导 交通运输/汽车维修

ISBN 978-7-111-60269-9 定价：78.00元